

令和 3 年 5 月 20 日現在

機関番号：12614

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24381

研究課題名（和文）東京湾におけるヘドロを介したヨウ素動態の解明

研究課題名（英文）Understanding iodine dynamics via sludge in Tokyo Bay

研究代表者

尾張 聡子（Owari, Satoko）

東京海洋大学・学術研究院・助教

研究者番号：50846350

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：資源としてのヨウ素は、チリや日本からの生産に偏って依存する。本研究は、次世代のヨウ素鉱床がどのような場所に発達するか明らかにするため、人工排水の影響を強く受ける東京湾のヘドロを対象に、ヨウ素を濃集するポテンシャルを評価した。東京湾では、人工排水の影響を受け、高い有機物含有量を持つヘドロが発達しており、有機物と親和性の高いヨウ素やメタンが、海水と比較し、海底のごく表層の間隙水中に高い濃度で存在することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年ヨウ素利用の需要が高まる中で、ヨウ素鉱床の分布が著しく偏ることから、生産の増加は容易でない。ヨウ素鉱床の負荷平準化のため、東京湾のヘドロがヨウ素を濃集する可能性に着目した。ヨウ素の回収は、かん水のくみ上げによる地盤沈下を伴うことがあり、ヘドロからヨウ素を回収できれば環境負荷を抑えることにも貢献できる。ヘドロは、水銀やヒ素を吸着するため、環境問題として認識されてきた。近年はヘドロから有毒物質を回収する技術も発達し、これらを回収する過程でヨウ素も同様に回収することができれば、環境保全と資源開発を並列して行うことができ、持続利用可能な資源としてヨウ素を回収・利用することにも貢献できる。

研究成果の概要（英文）：Iodine is a natural resource that is about 90 % dependent on production from Chile and Japan. To clarify where the next generation of iodine mine will develop, this study has evaluated the potential of sludge in Tokyo Bay, which is strongly affected by man-made drainage, to concentrate iodine. In Tokyo Bay, sludge with high organic matter content was developed due to the influence of artificial drainage, methane and iodine, which have high affinity with organic matter, were found in higher concentrations just below the seafloor compared to seawater.

研究分野：海洋地球化学

キーワード：東京湾 ヘドロ ヨウ素 間隙水 海底堆積物 有機物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヨウ素は、人類が生きていく上で永続的に必要な元素である。これは、胎児・乳幼児の発育や、甲状腺ホルモンの形成に必要なだけでなく、原子力発電所の事故に伴う被ばくを防ぐため服用するヨウ素剤などに利用されているためである (World Health Organization, 2017)。近年では、工業用触媒、液晶への利用などヨウ素の使用用途や、需要が世界中で拡大しているにも関わらず、ヨウ素生産の増加が容易ではないこと、可採埋蔵量に対するヨウ素需要が高いことなどが問題視されている。これは地球上で、ヨウ素鉱床の分布が著しく偏っている (ヨウ素生産量のシェアはチリと日本で約 9 割を占める) ことや (USGS National Minerals Information Center, 2021)、ヨウ素が鉱床として発達するには、数百万年以上の時間を要することが要因に挙げられる。さらに、現在工業利用されている日本のヨウ素鉱床は、水溶性天然ガス (メタン) 鉱床に付随するかん水から生産されるもので、その社会的背景には、かん水のくみ上げによる地盤沈下が問題視されている (千葉県 HP, 令和元年千葉県における地盤沈下の概況について)。そこで、ヨウ素生産・埋蔵量への需要の負荷平準化や、生産に伴う環境問題を解決すべく、本研究は、海洋沿岸のヘドロがヨウ素動態を強くコントロールしている可能性に着目した。海洋沿岸域では、生活・工業排水による海水の富栄養化によって、生物生産性が高まり、有機物含有量の高い堆積物が濃集している。外湾とのやり取りがしにくい閉鎖性湾では、海底の堆積物が還元環境となりやすく、ヘドロとして有機泥が発達する。日本沿岸の中でも、特に東京湾は流域人口・産業人口が密集していることから、有機物負荷の高い排水によって海水が富栄養化し、藻類等の生物も海水中に増殖するため、それらの死後、死骸が海底へと堆積することで、有機泥の堆積速度は著しく大きいと考えられる。ヨウ素は生物親和性が高いことから、生物に起源を持つ有機物中に濃縮されることが知られており (Martin et al., 1993)、ヘドロの分布や、堆積速度に着目すると、ヘドロは海洋システムの中で「有機物の時間的・空間的に超効率的な濃集機構」の一つと捉えることができる。このヘドロこそが、有機物や生物との親和性が高いヨウ素を濃集させる媒体となっている可能性は高い。

2. 研究の目的

本研究は、閉鎖性湾である東京湾のヘドロをターゲットとし、有機物との親和性の高いヨウ素やメタンがヘドロを介してどれほど濃集しているかを明らかにすることを目的とした。さらに東京湾との比較海域として、長崎県の橘湾においても同様に採泥を行った。橘湾は、東京湾と同じ閉鎖性湾ではあるが、流域人口・産業人口が著しく少なく、東京湾程の大きな河川がない淡水流入の少ない環境である。

3. 研究の方法

東京海洋大学の練習船である「ひよどり」、「青鷹丸」、「神鷹丸」を用いて東京湾においてヘドロをターゲットとした採泥を行った。ひよどりと青鷹丸では東京湾中部から北部にかけて、エクマンバージ採泥器とマルチプルコアアを用いて、表層採泥を行った。神鷹丸では 4 m のピストンコアを用いて、東京湾の湾口部にて、2 地点で採泥を行なった。東京湾での採泥は 2 年間で合計 26 地点で実施した。長崎県橘湾では地元漁師の協力により、2 年間で 25 地点の採泥を湾東部にて行った。本研究において、実施した採泥点は合計で 51 地点である。

採泥した試料からは間隙水溶存成分 (ガス・イオン) 用の測定試料と、有機物含有量測定用の試料を採取した。採泥後、実験室にて直ちに間隙水を抽出した。採取した試料から、それぞれ、溶存主要イオン・ガスの濃度と、有機物含有量を決定した。

4. 研究成果

本研究ではコロナウィルス蔓延の影響を受け、採泥や、測定試料の分析に一部遅れが出ているため、東京湾・橘湾における採泥試料について、有機物含有量、間隙水溶存メタン濃度、溶存ヨウ素濃度など、現在までに取得した結果について報告する。

(1) 東京湾

東京湾では、表層堆積物中に含まれる有機物量 (Total Organic Carbon: TOC) が海域全体で高く、最大で 2.7% であった。特に、人工排水の影響を強く受けるサイトの表層堆積物では、排水の影響を受けないサイトと比較し、高い TOC を示す傾向にあった。表層堆積物中の間隙水に溶存するメタンの濃度も TOC と同様の傾向を示し、人工排水の影響を強く受けるサイトにおいて高く、最大で 75 μM であった。一方で、間隙水中のヨウ素濃度にはサイト間の差はあまり見られず、全地点を通して、海水と接している表層堆積物中の間隙水は、海水の数～数十倍と高いヨウ素濃度を示した。このことから、海水中で生物などに取り込まれ、濃縮されたヨウ素を含む

有機物（ヘドロの元となる）が、海底表層部において分解する過程で、間隙水中間に放出されていると考えられ、このプロセスによって、ごく表層部の間隙水中においても、海水と比較し、ヨウ素が濃縮されていると考えられる。

東京湾における、ピストンコアから得られたヨウ素濃度の鉛直分布から、ヨウ素は海底深部に向かって線形的に増加し、海底下 2.5 m で海水の 200 倍まで濃度が急増することが明らかとなった。ピストンコアから得られたヨウ素・メタンの鉛直分布の結果から、メタンやヨウ素濃度の高い流体が深部から上昇している可能性は高く、その起源は現世で堆積したヘドロに起源を持つものではなく、水溶性天然ガス、いわゆるメタンを産する南関東ガス田を構成する根源岩に起源を持つ可能性は高い（例えば河井，1960）。以上のことから、東京湾における表層の海底堆積物にはヨウ素・メタンを供給する 2 種類の供給源が存在することが明らかとなった。主な供給源として、ヘドロのような現世の堆積物に濃集した有機物が表層部で分解されることで、海底のごく表層部においても高いメタン・ヨウ素が間隙水中に存在していることに加え、深部の有機物分解に起源を持つメタン・ヨウ素が高いフラックスで海底表層部まで上昇していると考えられる。今後、海底表層部に存在する高いヨウ素・メタン濃度がヘドロの濃集効果によるものであるか、深部に由来するものであるか、ヨウ素やメタンの起源を切り分けることで、直接的なヘドロのヨウ素濃集効果を明らかにする必要がある。

（2）橘湾

橘湾では、堆積物中の TOC は東京湾と同様のレベルで海域全体で一様に高く、最大で 2.5% であった。表層堆積物中の間隙水に溶存するメタンの濃度は、海域全体で 0~3 μM と東京湾と比較し、低く、サイト間による違いはあまり見られない。橘湾では複数の地点で、微量ではあるが、エタンが検出され、熱分解起源による炭化水素ガスの寄与が示唆される。海底表層の間隙水に溶存するヨウ素は海水と同程度、もしくは海水の数倍程度の濃度で、東京湾と比較し低い。橘湾の表層堆積物は東京湾と同程度の有機物を含むにも関わらず、間隙水中に溶存するヨウ素やメタンは低いレベルで維持されていた。橘湾はイワシなどの良い漁場となっていることから、魚類の餌となるプランクトンが海水中に多いと考えられる。さらに、半島を挟んで隣に位置する有明海からの赤潮の流入の影響などを受け（Aoki et al., 2016; 橘湾周辺海域の赤潮対策ガイドライン, 橘湾赤潮対策検討会），橘湾の表層堆積物は、高い有機物含有量を維持していると考えられる。しかしながら、東京湾と比較して、表層部での有機物の分解が進んでいないため、有機物の分解に伴って間隙水中に放出されるヨウ素やメタンは、低い濃度レベルで維持されていると考えられる。

（3）まとめ

本研究では閉鎖性湾である東京湾において発達するヘドロ（表層堆積物）がどれほどのヨウ素を濃集する媒体になっているかを明らかにするため、東京湾において海底表層に発達するヘドロを採取し、堆積物中の有機物量、間隙水中に溶存するメタン・ヨウ素などの地球化学分析を行った。東京湾と同様に閉鎖性湾ではあるが、流域人口・産業人口が著しく少なく、東京湾程の淡水流入がない環境である、長崎県橘湾においても同様に採泥し、試料の地球化学分析を行った。東京湾内では、特に人工排水の影響を強く受けるサイトでは、高い有機物含有量を示すことから、河川を通じて、陸から運ばれる外部負荷有機物、もしくは河川を通じて供給される栄養塩によって海水中の生物が増殖し死骸となり、現地性有機物が蓄積した結果（鈴木・小川，2001），堆積物中の有機物含有量が上昇し、還元的な環境においてヘドロとして発達したと考えられる（安藤，2009）。さらに東京湾のヘドロの特徴として、間隙水中には有機物との親和性が高いメタンやヨウ素濃度も同様に高い濃度を示すことから、有機物が分解された結果、生じたメタンやヨウ素が間隙水中に放出されていると考えられ、東京湾ではヘドロがヨウ素を濃集する効率的な媒体になっているものの、有機物が分解することで、固相（有機物中）に固定されていたヨウ素が液相（間隙水中）へ常時移動していることが明らかとなった。東京湾では、海底深部に南関東ガス田を構成する根源岩に起源をもつヨウ素やメタンが高いフラックスで浅部へ上昇していることから、深部から供給されるヨウ素と、その場のヘドロ起源のヨウ素とを切り分けて調べる必要があることも明らかとなった。

橘湾の表層泥では、東京湾と同様の有機物量を維持しているものの、表層部における有機物の分解が進んでいないため、分解の結果生じるとされる間隙水中のヨウ素やメタンは、低いレベルで維持されていたと考えられる。このように両閉鎖性湾の表層堆積物は高い有機物含有量を示すものの、表層部での有機物分解速度が速い東京湾ではヨウ素やメタンが固相から液相に移動した後、海水の数~数十倍程度に濃縮されていること、橘湾では表層部での有機物分解が進まず、間隙水中のヨウ素やメタンは海水と同程度、もしくは数倍程度の低い濃度で存在するという違いが明らかとなった。さらに有機物の種類の違いが間隙水中のヨウ素やメタン濃度の差を生じさせている可能性も高いことから、今後それらの検討も行っていく。東京湾では表層に堆積するヘドロはヨウ素を効率的に濃縮していると考えられるが、表層部での有機物の分解過程を経て、間隙水中にヨウ素が移動することで、ヨウ素が効率的に濃縮されているのか、もしくは有機物が濃集したヘドロ自体を回収するほうがヨウ素の濃集効率が良いのか、今後ヘドロがヨウ素を濃集する最も効率的な段階過程について、さらなる検討をしていく必要がある。

< 引用文献 >

- Aoki, K., Shimizu, M., Kuroda, H., Yamatogi, T., Ishida, N., Kitahara, S., & Hirano, K. (2016). Numerical study for specifying the major origin of low salinity water associated with *Chattonella* (Raphidophyceae) blooms in Tachibana Bay, Japan. *Journal of oceanography*, 72(5), 811-816.
- 安藤晴夫. (2009). 東京都の運河部・内湾部における底質の長期変動傾向の解析. *東京都環境科学研究所年報*, 2009, 18-25.
- 千葉県ホームページ 令和元年千葉県における地盤沈下の概況について
(<https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/press/2020/jibanchinka/index.html>)
- 河井興三. (1960). 南関東ガス田地帯における天然ガスの分布について. *石油学会誌*, 3(3), 213-218.
- Martin, J. B., Gieskes, J. M., Torres, M., & Kastner, M. (1993). Bromine and iodine in Peru margin sediments and pore fluids: implications for fluid origins. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(18), 4377-4389.
- USGS National Minerals Information Center, Iodine Statistics and Information (2021)
- 鈴村昌弘, & 小川浩史. (2001). 東京湾における夏季表層水中の有機態炭素・窒素・リンの分布. *沿岸海洋研究*, 38(2), 119-129.
- 橘湾周辺海域の赤潮対策ガイドライン, 平成 29 年 2 月 長崎県 橘湾赤潮対策検討会
- World Health Organization. (2017). Iodine thyroid blocking guidelines for use in planning and responding to radiological and nuclear emergencies. In *Iodine thyroid blocking Guidelines for use in planning and responding to radiological and nuclear emergencies*.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 尾張聡子
2. 発表標題 海水・海洋堆積物間隙水中のヨウ素
3. 学会等名 GEOTRACES-Japan シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------