

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11613

研究課題名(和文)鉄の化学状態と放射性セシウムから読み解く貧酸素水塊下にある東京湾底質の堆積環境

研究課題名(英文)A study on the environment of Tokyo-bay sediments under hypoxia analyzed by chemical states of iron and radioactive cesium.

研究代表者

松尾 基之(Matsuo, Motoyuki)

東京大学・大学院総合文化研究科・教授

研究者番号：10167645

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：我々は過去に発生した貧酸素水塊の履歴が直下の堆積物に記録されているものと捉え、堆積物を鉛直方向に化学分析することで、過去の貧酸素水塊の履歴を明らかにすることを目的とした。堆積物試料は千葉県幕張沖の浚渫窪地および自然海底と横浜沖で採取した。メスバウアー分光法による状態分析および機器中性子放射化分析法による redox sensitive な元素の分析を行い、水質の酸化還元状態との関連性を検討した。その結果、横浜沖が幕張沖に比べて酸化しており、浚渫窪地が最も還元的事実であることが明らかとなった。さらに経年変化の観測により、浚渫窪地内の貧酸素状態が徐々に回復していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東京湾の溶存酸素量の分布や貧酸素水塊の実態は、現在はモニタリングポストにより把握されている。しかし、モニタリングポストが存在しなかった過去の海洋環境を、水塊直下の堆積物の化学状態から復元する試みは、他の方法では代え難い非常に重要なアプローチである。すなわち、本研究の成果は貧酸素水塊の発生の原因を解き明かす重要な知見を得る足がかりになり、大きな学術的意義があると考えられる。また、本研究により、貧酸素水塊の発生と浚渫窪地との関連性を解明することができ、社会的意義も大きいものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Our purpose is to clarify the history of past hypoxia by chemical analysis of sediments in the vertical direction, assuming that the history of hypoxia is recorded on the bottom sediment. The core sediments were collected from the dredged trench and the natural seabed off MakuHari, Chiba Prefecture, and off Yokohama. State analysis by Moessbauer spectroscopy and analysis of redox sensitive elements by instrumental neutron activation analysis were performed to examine the relationship with the redox state of water quality. As a result, it was clarified that the area off Yokohama is more oxidative than the area off MakuHari, and the dredged trench is the most reducing. Furthermore, observation of secular changes suggested that the anoxic condition in the dredged trench was gradually recovering.

研究分野：環境分析化学

キーワード：貧酸素水塊 東京湾底質 浚渫窪地 非破壊状態分析 メスバウアー分光法 機器中性子放射化分析 redox sensitive な元素 鉛直分布

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

内湾および沿岸域における貧酸素水塊の拡大は 1960 年代より急速に全世界的に広まりつつあることが報告されていた^[1]。日本においても三河湾、東京湾などで貧酸素水塊による底生生物の死滅が報告されており、2008 年から環境省や各沿岸自治体による水質環境調査が東京湾内数百カ所で一斉に行われ、夏期における東京湾の溶存酸素量(DO)の分布や貧酸素水塊の実態を明らかにしている^[2]。しかし、これらの調査例では DO・水温・塩分濃度などの水質環境に着目した調査結果のみが報告されているのが現状であり、それは現在発生している「その場」の貧酸素水塊を把握することに留まることになる。千葉県幕張沖には浚渫工事により自然海底より深くなっている窪地があり、その特殊な地形が貧酸素水塊の発生原因の一つだと考えられている。東京湾にはいくつかの水質モニタリングポストがあり、定期的に溶存酸素量を含む水質データが収集されているが、貧酸素水塊の原因になりうる浚渫窪地のような特殊な環境下での水質データは著しく不足している状況であった。

[1] Robert J. Diaz and Rutger Rosenberg, Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems, *Science*, **321**, 926, 2008

[2] 平成25年度 東京湾水質一斉調査 調査結果, 東京湾再生推進会議モニタリング分科会, 九都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会, 東京湾岸自治体環境保全会議, 2014

2. 研究の目的

我々は過去に発生した貧酸素水塊の履歴が直下の堆積物に記録されているものと捉え、堆積物を鉛直方向に採取し堆積年代別に元素の化学状態の変化を分析することで、過去の貧酸素水塊の履歴を明らかにすることを研究目的とした。そのため、研究対象として千葉県幕張沖の浚渫窪地群を選んだ。この地域では毎年夏に海水の成層が確認され、貧酸素水塊が原因である青潮の発生が見られる。分析手法としては、試料の化学的前処理を全く必要とせずに元素の化学状態分析を行うことができる ⁵⁷Fe メスbauer分光法により、鉄の状態分析を行う。さらに堆積物中に含まれる redox sensitive な元素の濃度にも着目して、機器中性子放射化分析法により元素分析を行い、水質の酸化還元状態との関連性を検討する。また、貧酸素水塊の度合いの異なる地点との比較検討を行うために、東京湾内の他地点として横浜沖を選択して堆積物試料を採取して同様の分析を行う。さらに、放射性セシウムをいわばトレーサーとして用い、堆積物内での物質移動の評価に使うことを試みる。本研究の遂行によって、一見すると一様に見える堆積物試料でもこれらの手法を用いることによって、過去に発生した貧酸素水塊の程度を「可視化」することができると考えた。

3. 研究の方法

(1) 堆積物試料の採取と前処理

堆積物採取地点として、千葉県幕張沖の浚渫窪地群を選んだ。この地域では毎年夏に海水の成層が確認され、貧酸素水塊が原因である青潮の発生が見られる。溶存酸素濃度の最も低いと推定される浚渫窪地の底面より、夏期に堆積物試料を採取した。また、比較対象地点として、近くの平場(自然海底)および浚渫窪地のない横浜沖にても試料採取を行った。採取した堆積物コアは研究室に持ち帰り、約 2 cm ごとに細分化した後、窒素充填したパウチ袋に封入した。遠心分離または加圧ろ過(窒素ガス 5 atm)により間隙水を分離した後、湿ったままの状態に堆積物を窒素ガス中で密封した。

(2) 堆積物試料の化学状態分析

我々は貧酸素水塊の履歴が堆積物に記録されているものと捉え、特に堆積物の化学状態の分析に着目した。しかし従来の化学形態分別(湿式分析)法では、分析中にその化学状態が変化する恐れがあり、正確にその場の環境を復元することには困難があった。そこで本研究では堆積物中の元素の化学状態を変化させることのない⁵⁷Feメスbauer分光法を実験手法に適用することにより、本研究目的を達成するためのブレイクスルーの方法とした。具体的には、堆積物が嫌気的環境になると硫黄化合物の還元によりH₂Sが発生し、堆積物中の鉄と反応してpyrite (FeS₂)を生成する。一方、堆積物が酸化環境になるとgoethite (α-FeOOH)やmaghemite (γ-Fe₂O₃)のようなオキシ水酸化鉄や酸化鉄が生成する。このことから、堆積物中の硫化鉄や酸化鉄等は貧酸素水塊の有無の指標となりうると考えた。また、堆積物中に含まれるredox sensitiveな元素としてFe, Mn, U, Th, Ceに着目して機器中性子放射化分析(INAA)法による元素分析を行った。Fe, Mn, Th, Ceはより酸化的条件下で沈殿する傾向があり^[3]、Uはより還元的条件下で沈殿する傾向にある^[4]。これらの元素濃度を指標とした水質の酸化還元状態の評価方法を検討した。堆積年代の決定には、²¹⁰Pb法を用い、先に得られた分析データ等を統計的に解析することによって、貧酸素水塊直下の堆積環境の履歴を明らかにした。

[3] D.G. Brookins, in *Eh-pH diagrams for geochemistry* (Springer-Verlag, 1988)

[4] D.R. Turner, M. Whitfield and A.G. Dickson, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **45**, 855, 1981

4. 研究成果

(1) 堆積物試料の採取と前処理

堆積物試料の採取は、2019年8月1日に千葉県幕張沖浚渫地内および比較対照点として平場（自然海底）において行った。堆積物試料は水深約10~20mにある軟泥質であるため、調査船上からの採取が必須である。採泥器として長さ50cmのHR型不攪乱柱状採泥器（φ11cm, 離合社製）を用い、堆積物コアを採取した。採泥と同時に、海底面の状況を把握するために、水中ビデオカメラ（MARINE SEEKER - ZOOM, 広和株式会社製）を用いてビデオ撮影を行った。また同地点において、多項目水質計（AAQ-RINKO 177, JFEアドバンテック株式会社製）により水温、塩分、溶存酸素量(DO)、クロロフィルa、濁度、pH、酸化還元電位(ORP)の鉛直分布を観測した。特に注目すべきは溶存酸素量で、浚渫地では0.0~9.8 mg L⁻¹の範囲にあり、表層から水深8mにかけて徐々に低下し、12m付近からは無酸素状態になっていた。平場では、0.5~10.0 mg L⁻¹の範囲にあり、無酸素になることはなかった。採取した堆積物コアは研究室に持ち帰り、約2cmごとに細分化した後、窒素充填したパウチ袋に封入した。遠心分離または加圧ろ過（窒素ガス5 atm）により間隙水を分離した後、状態分析用の試料は湿ったままの状態です窒素ガス中に密封し、測定に供した。元素分析用の試料はオープンで加熱乾燥させた後、測定に供した。また、本研究に先立ち、2016年9月に幕張沖浚渫地内および平場で採取した試料、および2017年9月に浚渫地のない横浜沖にて採取した試料についても、本研究で評価を行ったので併せて報告する。

(2) メスバウアー分光法による堆積物試料中の鉄の状態分析

メスバウアースペクトルの測定には TOPOLOGIC SYSTEMS MFD-110D 型のスペクトロメーターを使用し、線源として 1.10GBq ⁵⁷Co/Rh を用いた。試料を透過した 14.4keV の線を 2~4 日間測定することにより、メスバウアースペクトルを得た。得られたスペクトルは、個々のピークの形状をローレンツ型の曲線とし、その線形結合によるカーブフィッティングを行った。基準物質として α-Fe 箔のスペクトルデータを使用した。すべての堆積物試料について Velocity = ±10.0 mm s⁻¹ の速度範囲で室温において測定を行った。さらに、試料中に pyrite (FeS₂) が存在する場合、常磁性高スピン 3 価の Fe と反磁性低スピン 2 価の Fe のピークは近接しているため、Velocity = ±10.0 mm s⁻¹ では区別できない場合がある。そこで、常磁性高スピン 3 価の Fe と反磁性低スピン 2 価の Fe のピークをきちんと区別して検出するため、必要に応じて Velocity = ±3.33 mm s⁻¹ の速度範囲でも測定を行った。

図1に、幕張沖浚渫地(M2)と平場(M1)および横浜沖(Y)で採取した堆積物試料のメスバウアースペクトルを示す。Velocity = ±10.0 mm s⁻¹ の測定では、主として酸化鉄やオキシ水酸化鉄由来の sextet に着目した。このピークは、Y で 15 試料中 11 試料、M1 で 7 試料中 1 試料、M2 で 9 試料中 3 試料に観察された。sextet は酸化的環境下で生成するので、平場のみならず浚渫地も酸化的環境になり得ることが示唆された。Velocity = ±3.33 mm s⁻¹ の測定では、すべての試料において、常磁性高スピン Fe() に由来する doublet と常磁性高スピン Fe() に由来する doublet が観測された。これらはそれぞれ、粘土鉱物、珪酸塩鉱物中の鉄と推定された。また、殆どの試料で pyrite (FeS₂) が観察されたことから、無酸素状態が東京湾で広く発生していたことが示唆された。

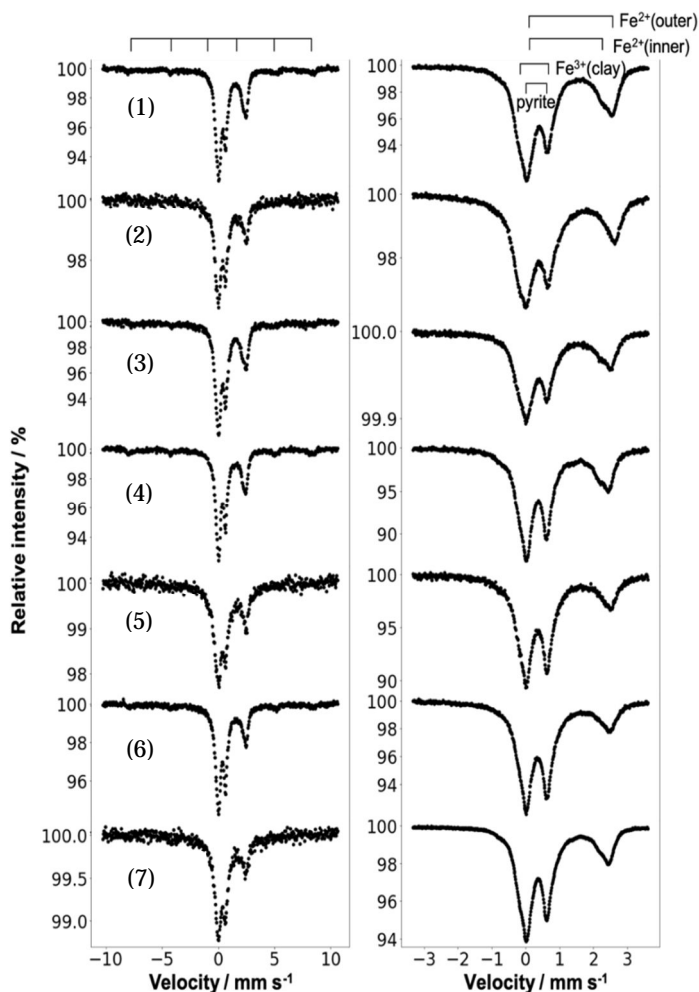


図1. 東京湾堆積物の ⁵⁷Fe メスバウアースペクトル

(左側) ±10.0 mm s⁻¹ (右側) ±3.33 mm s⁻¹

- (1) 0-2 cm of Y (2) 14-16 cm of Y (3) 28-29.5 cm of Y
 (4) 0-2 cm of M1 (5) 12-15.5 cm of M1 (6) 0-3.8 cm of M2
 (7) 18-21 cm of M2

(3) SEM-EDS 法による pyrite の観測

pyrite の存在を確認するために、SEM-EDS 法を用いて堆積物試料の観測を行った。その結果、横浜沖および幕張沖の表層試料において、特徴的な形状の framboidal pyrite の結晶を複数個発見した (図 2)。framboidal pyrite の結晶は無酸素下で生成・成長し、結晶の大きさは無酸素下に連続して置かれた時間に左右されると考えられる。したがって framboidal pyrite の結晶の大きさは、無酸素水塊の発生頻度の指標になると考えた。横浜沖と幕張沖の表層試料で framboidal pyrite の結晶径の分布を比較したところ、より還元的な環境である幕張沖の試料において、平均値・中央値ともに大きな framboidal pyrite の分布が見られた。このことから、framboidal pyrite の大きさが海水中の還元環境の良い指標となる可能性が示唆された。また、pyrite の生成には、硫酸還元菌が大きく寄与しているものと考えられる。そこで、底質中の硫酸還元菌の生菌数を調べたところ、底質 1 g 当り $10^2 \sim 10^3$ オーダーの生菌が見つかった。

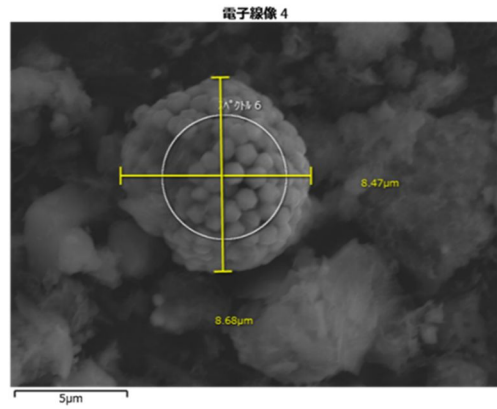


図 2 . framboidal pyrite の SEM-EDS 像
黄色線は結晶径を示す

(4) 堆積物試料中の pyrite 存在比と溶存酸素量の比較

図 3 に、横浜沖(Y)で採取した堆積物試料の推定堆積年代ごとの pyrite の存在比と、横浜市本牧沖底層水の溶存酸素の時系列データとの関係を示す。堆積物試料の堆積年代は、近傍の採取地点で ^{210}Pb 法を用いて測定された堆積速度が $0.18 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ であること^[5]から推定した。これは、含水率が 60% の場合、約 0.33 cm y^{-1} に相当する。溶存酸素の時系列データに対し、年間の最低値に丸印をつけた。さらに、堆積物試料の層厚 2 cm が、約 6 年間に相当することから、溶存酸素の年間最低値の 6 年間の平均を点線で示した。

溶存酸素の値を見ると、1994 年以前は、最も溶存酸素が少ないと考えられる夏でも貧酸素水塊 (3.6 mg L^{-1} 以下) がたまにしか発生していなかったことが分かる。しかし、1994 年以降は、溶存酸素が夏に 2 mg L^{-1} を下回ることもしばしば見られた。一方、堆積物中の pyrite にも同様の傾向が見られたのは非常に興味深い。表層から 2 番目 (2~4 cm) から 4 番目 (6~8 cm) の層の堆積年代は 1993~2011 年と推定され、これらの層では他の層に比べて pyrite の存在比が高いことが分かった。これは、夏期の溶存酸素の減少が堆積物中の pyrite 濃度の増加に寄与していることを示していると考えられる。

図 4 に、堆積物コアの各層 (厚さ 2 cm) が堆積した期間に相当する 6 年間の年間最低溶存酸素量の平均値と、pyrite の存在比との関係を示す。二者の間には、良好な負の相関 ($R^2 = 0.7778$) が見られた。Pyrite の生成の初期段階は無酸素状態で進行するため、pyrite 濃度は海水中の無酸素状態の発生時間に大きく

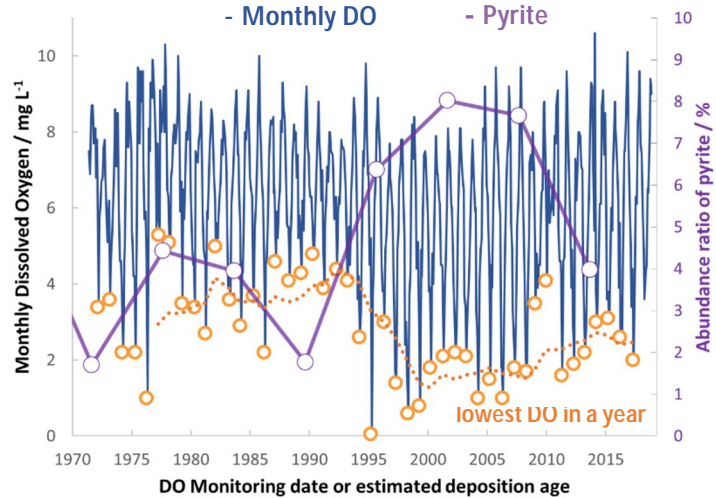


図 3 . 横浜沖堆積物中の pyrite 存在比と溶存酸素量の比較

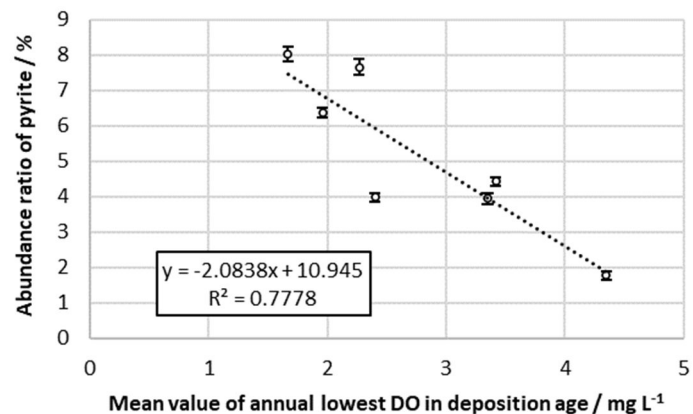


図 4 . pyrite 存在比と年間最低溶存酸素量の平均値との関係

関係すると考えられる。溶存酸素量と無酸素状態が発生した時間との間に正の相関があるので、我々の測定において、pyrite 存在比と溶存酸素量の間には負の相関が見られたものと考えられる。なお、堆積年代には一定の不確実性があり、この良好な相関関係はそれによって大きく影響される。しかし、堆積物中の pyrite 存在比が、1990 年前後の約 20 年間で溶存酸素量が大きく変化したという証拠を捉えたことは、非常に有意義だったと言える。

[5] 松本英二, 東京湾の底質環境, 地球化学, 17, 27, 1983

(5) 堆積物中の放射性セシウム測定

堆積年代の推定のために ^{210}Pb と ^{137}Cs 濃度を元々測定していたことから、福島第一原子力発電所事故により拡散された放射性セシウムをいわばトレーサーとして用い、堆積物内での物質移動の評価に使うことを計画した。我々の研究により、放射性セシウムは幕張沖浚渫窪地・平場ともに、表層 5 cm までの部分での濃度に大きな変化は認められない一方で、浚渫窪地では 30 cm 付近の深層まで検出された。この付近における ^{210}Pb 法による堆積速度は、約 1 cm y^{-1} であることを鑑みると、放射性セシウムは降下時の堆積層に留まることなく、堆積物中を沈降していると推定された。このことから、放射性セシウム自体の挙動は興味深いものの、堆積物の評価に使うにはさらなる検討が必要であると考えられた。

(6) 機器中性子放射化分析(INAA)法による堆積物試料の元素分析

堆積物中に含まれる redox sensitive な元素として Fe, Mn, U, Th, Ce に着目して機器中性子放射化分析(INAA)法による元素分析を行った。実験は、京都大学複合原子力科学研究所の研究用原子炉 KUR にて行った。短寿命核種測定では、照射時間を 10 秒とし、約 10 分間の冷却時間を置いてから live time 600 秒の条件で、線スペクトルの測定を行った。中寿命・長寿命核種測定では 20 分間（出力 1 MW）中性子を照射し、中寿命核種は 3~4 日間の冷却期間の後、live time 1400 秒の条件で、長寿命核種は 2~3 週間の冷却期間の後、live time 10000 秒の条件で、線スペクトルの測定を行った。Fe, Mn, Th, Ce はより酸化的条件下で沈殿する傾向があり、U はより還元的条件下で沈殿する傾向にある。これらの元素の挙動に着目して水質の酸化還元状態の評価を行った。

2016 年 9 月に幕張沖浚渫窪地(M2)と平場(M1)で採取した試料および 2017 年 9 月に横浜沖(Y)にて採取した試料についての、放射化分析の結果はすでに報告した。概要は以下の通りであった。すなわち、Mn および Fe の鉛直分布を見ると、Mn に関しては、横浜沖(Y)、幕張沖平場(M1)で 700~1100 ppm であったのに対し、最も還元的な環境であると考えられる幕張沖浚渫窪地(M2)では 600~750 ppm と濃度が小さく、Mn 濃度は海底付近の酸化還元環境の影響を大きく反映することが示唆された。また、U は酸化的環境で溶解しやすく還元的環境で沈殿しやすいが、Th, Ce は逆の挙動をとる。このことから、Th/U, Ce/U の値が大きくなるほどより酸化的環境になったものと推定される。その結果、横浜沖(Y) < 幕張沖平場(M1) < 幕張沖浚渫窪地(M2)の順に還元的環境になっていることが分かった。

貧酸素水塊の出現頻度とその強度は年によって異なるため、以前に得られた結果の検証および補完をするために堆積物試料の継続的採取を行った。2019 年度の試料採取地点としては、これまでと同様に千葉県幕張沖の浚渫窪地(MD)および平場(MR)を選択した。Mn および Fe の元素濃度を見ると、浚渫窪地(MD)では Fe が 4%前後、Mn が 500~600 ppm であった。平場(MR)では Fe が 4.2%前後、Mn が 700~800 ppm であった。比較すると、Mn の濃度は、平場より浚渫窪地の方が低く、浚渫窪地がより還元的な状態にあったことが確認された。Fe の濃度は、平場と浚渫窪地で同程度であった。このことから、浚渫窪地では Mn の沈殿が起こるほど酸化的な環境にはなりにくい、Fe の沈殿が起こる程度には酸化還元電位の低下がとどまっていることが示唆された。

次に、横軸に Ce/U 比、縦軸に Th/U 比をとってプロットした結果を図 5 に示す。試料採取地点に関わらずほぼ直線上に乗っていることが分かる。この事実は、堆積物が Th/U, Ce/U 比の異なる 2 つ以上のソースの混合物ではありえないことを示しており、比の値の変化はもっぱら試料採取地点の酸化還元環境に起因するものと考えられる。また、浚渫窪地(MD)の比の値を 2017 年の試料の値と比較すると、2019 年の浚渫窪地(MD)はより酸化的であることが分かった。このことは、無酸素状態が徐々に回復していることを示唆していると考えられる。

これらのことから、メスバウアー分光法と放射化分析法を中心に用い、試料採取地点間の比較や堆積年代別の比較を行う手法は、場所を問わず適用できると考えられ、堆積物の過去・現在の酸化還元状態をより緻密に調査する上で大いに有効であると考えられる。

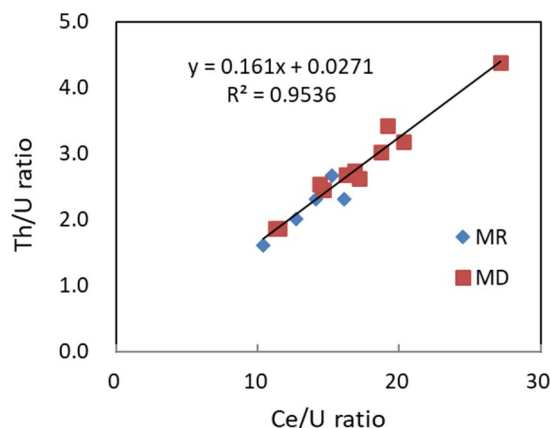


図 5 幕張沖堆積物試料における Ce/U, Th/U 比の相関

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 M. Matsuo, K. Shozugawa, Y. Guan, M. Komori, R. Okumura, Y. Iinuma and K. Takamiya	4. 巻 2019
2. 論文標題 A study on evaluation of redox condition of Tokyo Bay using redox sensitive elements as an indicator by means of instrumental neutron activation analysis.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 KURRI Progress Report	6. 最初と最後の頁 184-184
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 M. Komori, K. Shozugawa, Y. Guan and M. Matsuo	4. 巻 240
2. 論文標題 A study on evaluation of redox condition of Tokyo Bay using chemical states of sedimentary iron as an indicator by means of Moessbauer spectroscopy.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hyperfine Interactions	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10751-019-1653-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 杉森賢司・中村真樹・松尾基之	4. 巻 50
2. 論文標題 河口域、内陸河川および湖沼における硫酸還元菌の分布と鉄化合物に関する一考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東邦大学教養紀要	6. 最初と最後の頁 71-79
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 M. Matsuo, K. Shozugawa, Y. Mihara, M. Komori, R. Okumura, Y. Iinuma and K. Takamiya	4. 巻 2017
2. 論文標題 A study on the sedimentary environment of Tokyo-bay sediments under hypoxia using instrumental neutron activation analysis.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 KURRI Progress Report	6. 最初と最後の頁 146-146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 M. Komori, K. Shozugawa, Y. Guan and M. Matsuo
2. 発表標題 A study on evaluation of redox condition of Tokyo Bay using chemical states of sedimentary iron as an indicator by means of Moessbauer spectroscopy.
3. 学会等名 International Conference on the Applications of the Moessbauer Effect (ICAME2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾基之
2. 発表標題 放射化学的手法を用いた貧酸素水塊環境下にある東京湾底質の堆積環境に関する研究
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会(2019)原子核プローブ分科会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Guan, M. Komori, K. Shozugawa and M. Matsuo
2. 発表標題 Moessbauer spectroscopic study on the chemical states of iron in Tokyo-bay sediments under hypoxia.
3. 学会等名 日本放射化学会第63回討論会(2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾基之・小森昌史・小豆川勝見・奥村良・飯沼勇人・高宮幸一
2. 発表標題 貧酸素水塊環境下にある東京湾底質の堆積環境に関する研究
3. 学会等名 第62回放射化学討論会（2018日本放射化学会年会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾基之・小森昌史・小豆川勝見
2. 発表標題 貧酸素水塊下にある東京湾底質の堆積環境に関する研究
3. 学会等名 平成30年度KUR専門研究会
4. 発表年 2019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
研究分担者	小豆川 勝見 (Shozugawa Katsumi) (00507923)	東京大学・大学院総合文化研究科・助教 (12601)	
研究分担者	杉森 賢司 (Sugimori Kenji) (30130678)	東邦大学・医学部・講師 (32661)	

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
---------	---------