

○ 東京下町の地盤を形成する有楽町層から自然由来のヒ素が溶出する仕組みを解明

2024年12月9日 東京農工大学報道発表資料抜粋

東京農工大学、国立研究開発法人 産業技術総合研究所の研究チームは、以前から自然由来のヒ素が含まれることが知られていた東京低地の地下に広がる沖積層（有楽町層）において地盤ボーリング調査を行い、ヒ素が土壤溶出量基準を超過して溶出することや、ヒ素がラズベリー様の黄鉄鉱（フランボイダルパイライト）に局在していることを明らかにしました。

【 背景 】

日本には地質的な要因によって、地盤にヒ素などの重金属類を含む場所が点在しています。大規模な公共事業などによって大量に発生する建設発生土には、しばしば自然由来のヒ素が含まれています。ヒ素は人体への毒性が高く、法令で規制や基準設定の対象となっています。土壤汚染対策法では、このような地質に由来する重金属類が基準値を超えて含まれている建設発生土を「自然由来汚染土」として、人為由来の汚染と区別して取り扱われます。自然由来汚染土を適切に管理するためには、土壤からヒ素が溶出する仕組みを解明した上で、溶出を防ぐことが非常に重要です。

本研究チームは2019年に、自然由来の土壤に含まれるヒ素が、ラズベリー様の黄鉄鉱（フランボイダルパイライト）に局在していることを明らかにしました。さらにフランボイダルパイライトは、水にはほとんど溶解しませんが、酸化剤である過酸化水素を加えると、その一部が溶解することを見出しました。

東京低地の地盤を形成する沖積層（有楽町層）には、自然由来のヒ素が含まれることが知られていました。しかし、有楽町層中のヒ素がどのような状態（鉱物など）で存在しているのかは確認されておらず、有楽町層の土壤からヒ素が溶出する仕組みはわかっていませんでした。

【 研究成果 】

有楽町層が分布する東京都と千葉県内の東京湾岸低地において地盤ボーリング調査を実施して、地表から地下15mまでの土壤中のヒ素の濃度を分析しました(図1)。深さによっては、有楽町層からヒ素が土壤溶出量基準を超過して溶出することが確認されました。得られた土壤を、SPring-8の放射光を光源とするX線吸収分光法を用いて分析したところ、有楽町層においても前報での自然由来汚染土と同様に、ラズベリー様の黄鉄鉱（フランボイダルパイライト）の表面にヒ素が蓄積していることが確認されました(図2、図3)。有楽町層中のヒ素は、鶏冠石や硫砒鉄鉱に類似した複数の化学形態を有していることが、この分析によって明らかになりました。この結果は、フランボイダルパイライトを多く含む有楽町層の土壤を掘削した際に、地上で大気に曝露されて酸化が進むと、ヒ素が溶出しやすくなることを示しています。

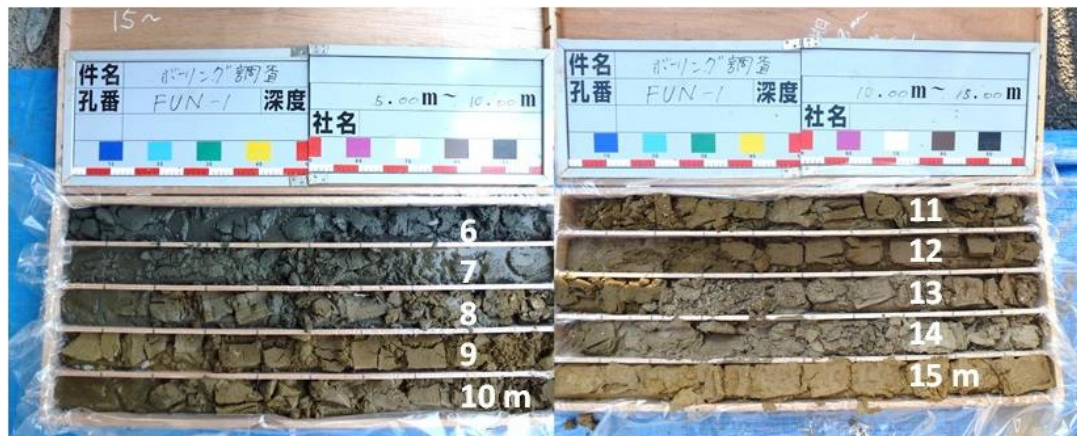


図1. 東京都内の有楽町層が分布する地盤において地下の掘削調査を実施して採取した土壌

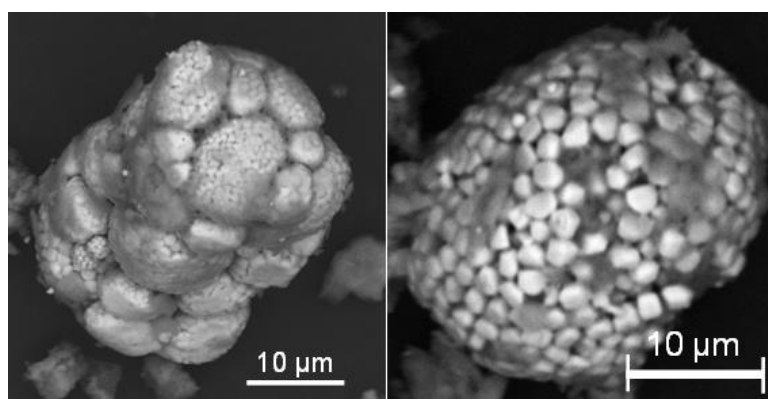


図2. フランボイダルパイライトの電子顕微鏡写真（フランボイドとは英語のframboidであり、フランス語のframboiseであるラズベリーに形が似ていることから派生している）。

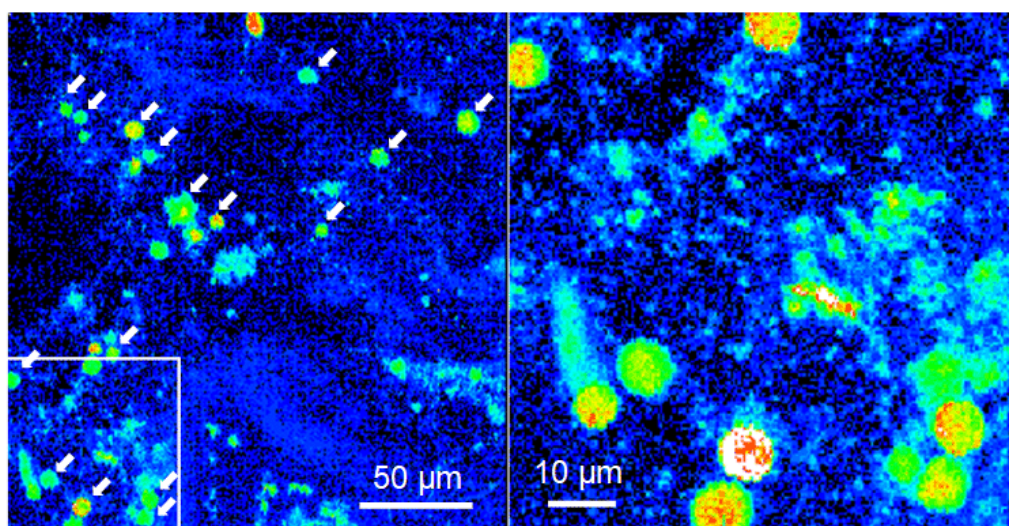


図3. 有楽町層に含まれるフランボイダルパイライトを、SPring-8のビームラインBL37XUで、500 nmに集光したX線でヒ素を分析した画像。
黄色から赤色の領域にヒ素が局在している。左図の矢印で示されているのが、フランボイダルパイライト。左図の白枠部を拡大したのが右図。

【 今後の展開 】

本研究により、有楽町層のヒ素の存在形態や溶出に、フランボイダルパイライトが関係していることが明らかになりました。本研究における有楽町層で見られた事例は、他の沖積層でも発生する可能性があります。本研究の成果は、自然由来のヒ素を含有する建設発生土からのヒ素の溶出防止や、合理的・持続可能な管理に資する基礎的な知見を提供します。これによって、国内の建設工事によって大量に発生する掘削土の再利用を促進すること、ならびに環境への影響を最小限に抑える技術の開発に貢献することにつながり、持続可能な土壌汚染対策に寄与することが期待されます。

○ 水中ドローンで広がるサンゴ礁の生物多様性研究

～ 水中ドローンによる海中の環境DNAサンプル採取の正確性が裏付けられました。 ～

2024年12月6日 沖縄科学技術大学院大学報道発表資料抜粋

沖縄科学技術大学院大学（OIST）、琉球大学、NTTコミュニケーションズの共同研究チームは、水中ドローンと環境DNAのメタバーコーディング法を組み合わせ、準深海サンゴ生態系を観察する強固なシステムを構築しました。

【 研究の背景 】

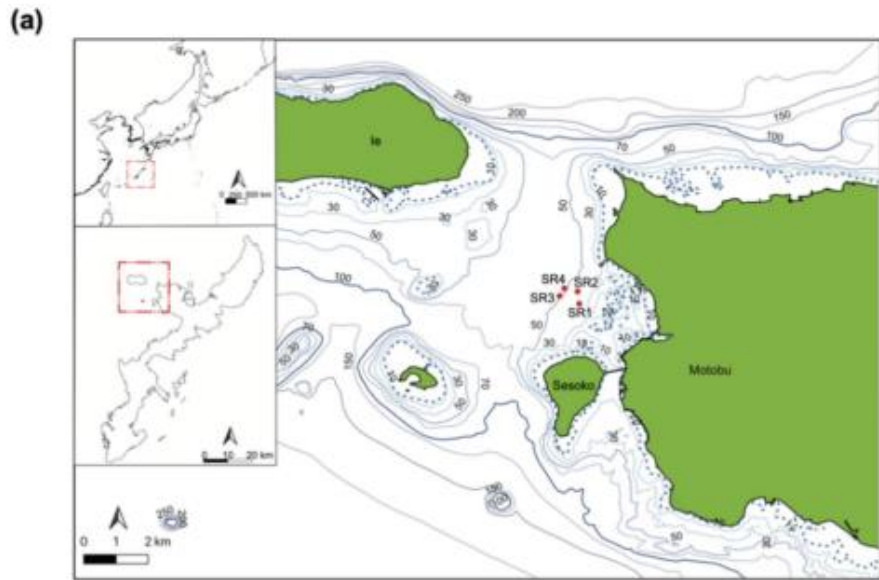
メソフォテック（中有光性あるいは準深海）サンゴ生態系には、世界でも有数のさまざまなイシサンゴ（*Scleractinia*）が生息しており、研究者にとって特に重要な場所となっています。また、浅瀬のサンゴ生態系に比べ、より多くの固有種が生息しているのも特徴です。しかし、準深海サンゴ生態系は水深30～150メートルと、深いところにあることが多いため、観察を困難にしています。

サンゴを正確に観察するには、「スキューバダイビング」と「分類学」の両方の技術が必要で、そうした人材を確保することは困難な場合があります。そのため、既存の方法では、準深海サンゴ生態系を徹底的に調査するには限界があり、新たな方法が必要とされています。

研究チームは、ミニROV（小型遠隔操作車、通称 水中ドローン）を使って、環境DNA（eDNA）を分析するという革新的な解決策を見出しました。この場合のeDNAは、サンゴが水中に放出する遺伝物質のことで、それを収集・分析することで、直接観察することなく、準深海環境に存在する複数の生物の種類を特定できるようになりました。これにより、これまでアクセスが困難だった生物多様性のホットスポットの研究が容易になります。

【 研究内容と成果 】

沖縄本島北部の本部半島近くに広がるシゲオリーフの4か所を調査しました。2か所は水深約35～45メートル（SR1とSR2）、さらに深い2か所は水深約54～59メートル（SR3とSR4）。各地点から、水中ドローンで海水サンプルを採取しました。サンゴのeDNAを保護するために、サンゴ礁の約0.5～1メートルほど上の海水を採取し、慎重に保存しました。



(b)

Site	Location	Latitude	Longitude	Depth (m)	Water volume (mL)	
					Left	Right
SR1	Shigeo Reef	26°40.2332' N	127°51.9562' E	37-40	420	400
SR2	Shigeo Reef	26°40.4624' N	127°51.9257' E	45	400	300
SR3	Deep Shigeo Reef	26°40.3790' N	127°51.5872' E	57-59	400	350
SR4	Deep Shigeo Reef	26°40.5209' N	127°51.6755' E	54-57	400	300

図1. 水中ドローンを使用した準深海サンゴ礁生態系4か所におけるイシサンゴの環境DNA調査。
 (a) 本部半島近くに広がるシゲオリーフの4か所 (SR1-SR4)。沖縄本島の位置と調査海域は左上の図に示した。
 (b) 採取の場所、緯度、経度、およその深度、および各地点で採取した水量 (左と右) に関する情報を示した表。

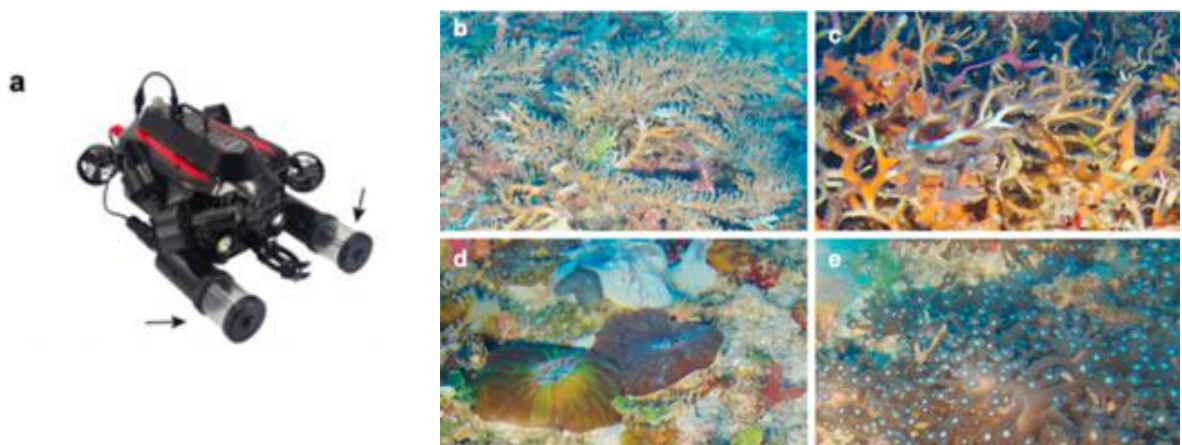


図2. (a) FIFISH W6Plus ミニROV (2つの海水サンプリング装置付き)、(b) ミニROVカメラからのシゲオリーフの採取地点SR1の眺め、(c) トゲサンゴ属 (*Seriatopora*) が優勢なシゲオリーフの採取地点SR2、(d) シゲオリーフの採取地点SR3、(e) アワサンゴ属 (*Alveopora*) が優勢なシゲオリーフの採取地点SR4。

研究チームは、サンゴの種類を特定するためにミトコンドリアDNAを分析しました。精度を向上させるため、サンゴの完全なミトコンドリアゲノムを使用したカスタムデータベースを作成しました。このデータベースは、eDNA配列の特定に役立ち、サンプル中のサンゴ属を正確に特定・分析することができました。

環境DNA分析と水中ドローンによる観察により、各調査地点で異なるサンゴ群集が生息していることが明らかになりました。SR1は、ミドリイシ属 (*Acropora*)、トゲサンゴ属 (*Seriatopora*)、リュウモンサンゴ属 (*Pachyseris*) などの複数のサンゴ種が豊富で、マンジュウイシ属 (*Cycloseris*) やアザミサンゴ属 (*Galaxea*) も若干存在していました。SR2は、トゲサンゴ属 (*Seriatopora*) が優占し、アザミサンゴ属 (*Galaxea*) も若干存在していました。SR4では、アワサンゴ属 (*Alveopora*) を筆頭に、さまざまな種類のサンゴが共生する多様なコミュニティが見られました。一方、SR3ではサンゴの被度は最も低く、ハナガタサンゴ属 (*Lobophyllids*) やマンジュウイシ属 (*Cycloseris*) が少数見られるのみでした。これらの地点で多様な分布が確認されたことから、これらの場所は新しいDNA採取方法の有効性を検証するのに理想的な場所となりました。

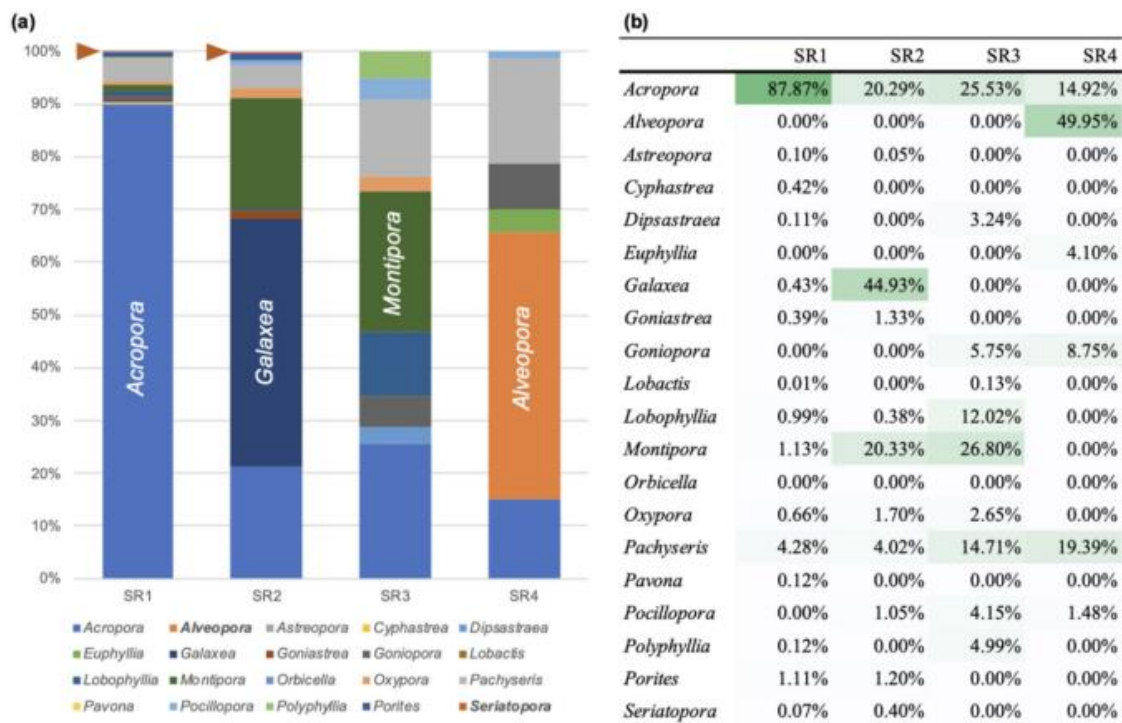


図3. (a) 準深海サンゴ生態系であるシゲオリーの採取地点4か所 (SR1~SR4) におけるイシサンゴ (*Scleractinia*) の分布とおおよその割合を示した棒グラフ。

茶色の矢印はトゲサンゴ属 (*Scleractinia*) を示している。(b) 各海水サンプル中のeDNAに一致したサンゴ属の割合。

【今後の展開】

重要な点は、環境DNAのメタバーコーディング法による分析結果が、4地点すべてで、過去に行ったサンゴ種の観察データと一致したことです。ただし、この技術にも限界はあります。場合によ

て、eDNA分析では近縁のサンゴ種を区別できず、また、サンプリングの成功率は場所によって異なりました。こうした課題はあるものの、今回の研究はサンゴ礁研究における重要な一歩となりました。海水サンプルからサンゴの種類を特定し、その存在を目視で確認できるこの方法は、サンゴ礁の健康状態や生物多様性を観察する上で、これまでアクセスが難しかった場所でも活用できる、貴重な新ツールとなるでしょう。

○ 東海地方に豪雨と猛暑をもたらしたのは「黒潮の大蛇行」の影響と解明 ～ 黒潮が及ぼす影響を高解像度の気候シミュレーションで分析 ～

2024年12月12日東北大学報道発表資料抜粋

東北大学の研究グループは、高解像度の気候シミュレーションを行い、黒潮大蛇行が日本の夏季気候に与える影響を詳細に分析しました。

【 研究の背景 】

近年、日本近海の海流変化が気候に与える影響に注目が集まっています。特に、世界最大級の海流である黒潮は、2017年夏に大蛇行流路に遷移し、その後7年が経過した現在も継続しており、観測史上最長の期間を更新しています。従来の見解では、本州から黒潮が離れる大蛇行流路では、東海・関東沖の水温が低下すると考えられていました。しかし、最新の衛星観測データによると、実際には水温が上昇し（図1）、蒸発が活発化していることが明らかになりました。この現象は、降水量や地域の気候に影響を及ぼす可能性が指摘されます。

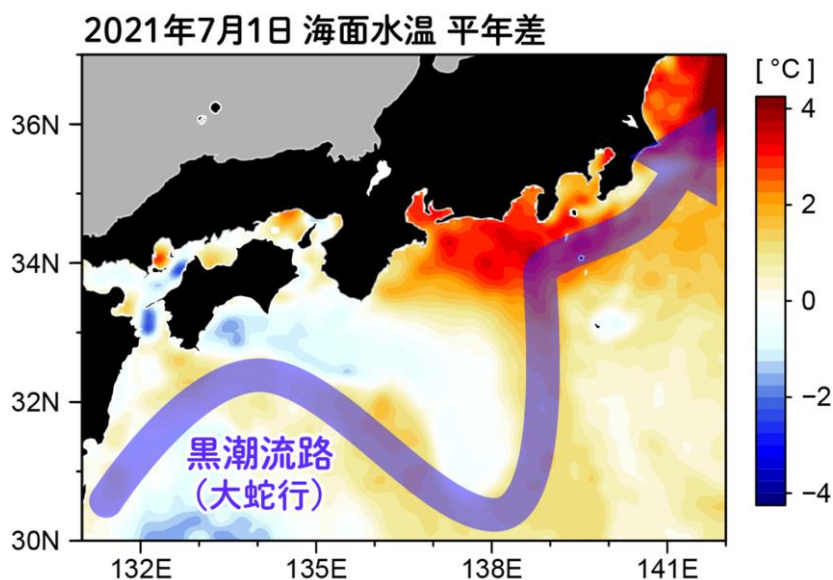


図1. 黒潮が大蛇行していた 2021年7月1日の海面水温の平年差。
青矢印は黒潮の流路を表す。

【 黒潮大蛇行とは 】

黒潮は、東シナ海を北上して九州と奄美大島間のトカラ海峡から太平洋に入り、日本の南岸に沿って流れ、房総半島沖を東に流れる海流です。流速は速いところでは毎秒2m以上に達し、その強い流れは幅100kmにも及び、輸送する水の量は毎秒5,000万トンにも達します。黒潮流路の動向は船舶の経済運航コースを左右するほか、漁場の位置や沿岸の潮位を変化させる要因の一つとなっています。

本州南方を流れる黒潮の流路には、大きく分けて2種類の安定したパターンがあります。一方は、東海沖で南へ大きく蛇行して流れる「大蛇行流路」、他方は、四国・本州南岸にほぼ沿って流れる「非大蛇行流路」と呼ばれているものです。「非大蛇行流路」はさらに、東海沖をほぼ東に直進し八丈島の北を通過する「非大蛇行接岸流路」と、伊豆諸島近海で南に小さく蛇行して八丈島の南を通過する「非大蛇行離岸流路」に分けられます。「大蛇行流路」を「黒潮大蛇行」と呼んでいます。

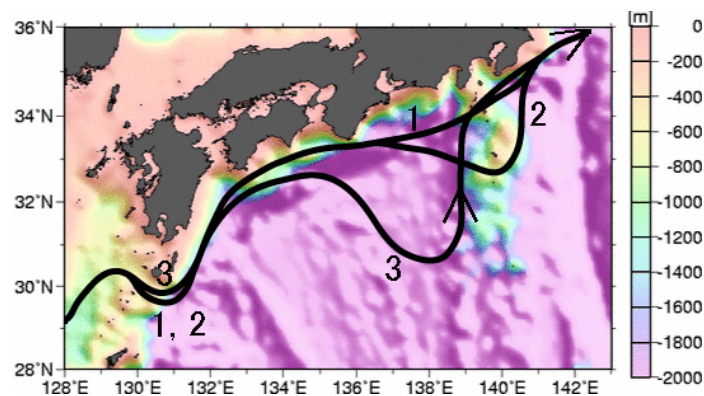


図 2. 黒潮の典型的流路 1：非大蛇行接岸流路、2：非大蛇行離岸流路、3：大蛇行流路
(解説及び図は気象庁ホームページから引用)

【 今回の取り組み 】

研究グループによる高解像度の気候シミュレーションでは、黒潮大蛇行によって東海地方から関東地方にかけて降水量が約1.3倍に増加していることがわかりました(図3)。この降水量増加は、黒潮大蛇行に伴う沿岸の水温上昇による蒸発の活発化と、夏の南風によって日本に流れ込む水蒸気が増加により、大気不安定化した結果であることが明らかになりました(図4)。さらに、シミュレーションの結果、増加した水蒸気の温室効果によって、東海地方の気温が約1度上昇することも確認されました。

東海・関東沖では、黒潮大蛇行期間中(2017年夏以降)のほとんどで海洋熱波が発生しており、最大級の5度の水温上昇を想定したシミュレーションでは、東海地方から関東地方にかけて降水量が1.5倍に増加し、気温も東海地方で約1.6度、関東地方で約1.0度上昇することが判明しました。この5度の水温上昇は、地球温暖化が進行した場合、今世紀末に予測される水温上昇と同程度であり、本研究の結果は、温暖化に伴う将来気候を示唆するものでもあります。

黒潮大蛇行による夏季降水量増加率

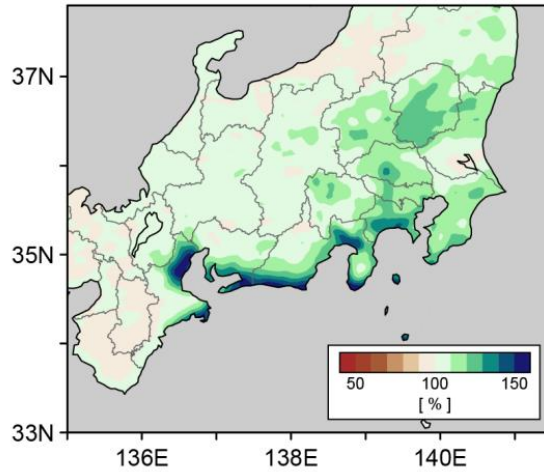


図 3. 黒潮大蛇行による夏の降水量増加率（気候シミュレーション結果）。

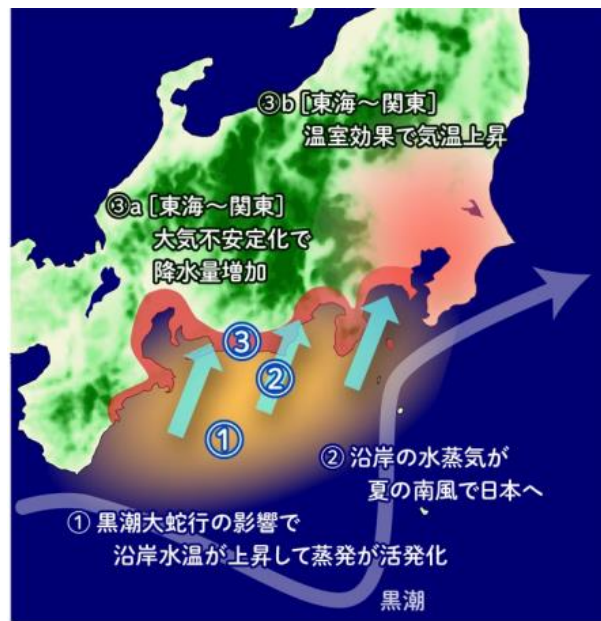


図 4. 東海・関東地方への黒潮大蛇行の影響を表す模式図。

【 今後の展望 】

近年増加する気象災害は、地球温暖化による大気中の水蒸気増加と深く関連していると指摘されています。本研究を通じて、2020年豪雨や台風など、東海地方に甚大な被害をもたらした気象災害に黒潮大蛇行が影響していたことを明らかにしました。今後も黒潮大蛇行が継続すると、東海地方から関東地方にかけて夏季の降水量増加や気温上昇が予想され、厳しい夏が訪れる可能性があります。このため、黒潮の動向を継続的に監視し、気象災害に対する防災・減災対策を早急に強化することがますます重要になると考えています。

- 「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第5条第1項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令等の一部を改正する省令（案）」に関する意見の募集（パブリックコメント）について
～ 水底土砂に係るカドミウム、トリクロロエチレン、六価クロムの排出基準が強化されます ～

2024年12月13日環境省報道発表資料抜粋

「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」は、浚渫活動等に伴って生ずる水底土砂等が含有する有害物質の種類・溶出量等に応じて、埋立場所等に排出することができる基準を規定しています。これらの基準における基準値は、水質汚濁防止法に基づく排水基準値を参考として設定されています。

カドミウム、トリクロロエチレン及び六価クロムの排水基準値が改正されたことを受け、水底土砂の基準値を改正するためのパブリックコメントが行われました。

【 改正案の概要 】

カドミウム、トリクロロエチレン及び六価クロムに係る基準値が次の表のとおり改正される予定です。令和7年3月頃公布、令和7年10月頃施行予定です。

表. カドミウム、トリクロロエチレン及び六価クロムの改正後基準値（案）

対象物質	改正前基準値 [mg/L]	改正後基準値（案） [mg/L]
カドミウム	0.1	0.03
トリクロロエチレン	0.3	0.1
六価クロム	0.5	0.2

編集後記

水道水のPFOS及びPFOAの規制強化が検討されています。環境省は、令和6年12月24日に開催した「令和6年度 第2回水質基準逐次改正検討会」において、PFOS及びPFOAを現行の水質管理目標設定項目から水質基準項目に見直す案を示しました。基準値は、現行の暫定目標値と同じ50ng/Lです。また、水質検査が義務化され3カ月に1回の検査を行うことが基本になります。施行は令和8年4月1日の予定です。今後、新しい情報がありましたらご紹介します。（A.K.）



株式会社 愛研

株式会社 愛研

(<https://ai-ken.co.jp>)

本社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710
電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641
半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65
電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749