



愛研技術通信

掲 示 板

法令・告示・通知・最新記事・その他

○ 多層採水観測で海洋の中層に漂う微細マイクロプラスチックの検出に成功 ～ 海面から沈んで数十年間、海中に漂うマイクロプラスチックの長い経路 ～

2025年10月3日九州大学報道発表資料抜粋

九州大学と東京海洋大学は、海面から水深1000mの多層採水観測(12層)を北太平洋で実施し、海水に含まれる10 μ m～数百 μ mサイズの微細マイクロプラスチック(MP)を検出しました。

【 研究の背景と経緯 】

本研究グループは、練習船「海鷹丸」(東京海洋大学)で北太平洋の4測点(図1)において、それぞれ0, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 400, 600, 800, 1000mの12層で海水を採取し(写真1)、浮遊する微細なMPの採取に成功しました。これまで世界中で、数百 μ mを超えるサイズのMPが海面近くの曳網調査によって採取されてきました。数百 μ mを下回る微細MPの採取を外洋で報告した研究は、これまでも世界で11例あるものの、そのほとんどは単層や数層でのポンプ採水や曳網による採取でした。本研究は、海水から高い精度で微細MPを検出する技術を確立することで、ポンプ採水よりも1～2桁は少ない合計50L程度の海水量から微細MPを採取した、世界初の多層観測結果です。

高い精度での検出を実現するにあたっては、海鷹丸内に新たに設置した、空気中に浮遊する微細MPの混入を防ぐクリーンブース内で船内作業を進めました。また持ち帰った海水試料からの微細MPの検出にあたっては、脆くなったMPの破壊を防ぎ、また回収率を向上させる様々な工夫を加えた分析手順の確立に努めました。

その結果、非破壊率は86.9%、回収率は88%、外部からの微細MPの混入を対象とするポリマータイプについては5粒程度にまで抑えることに成功しました。

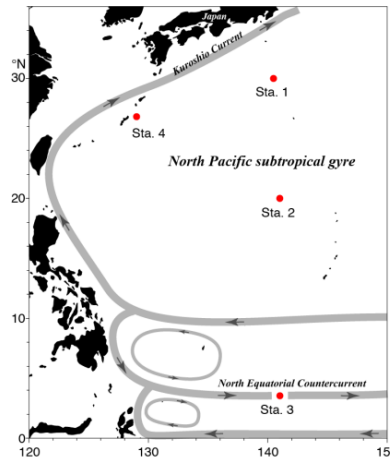


図 1. 観測位置

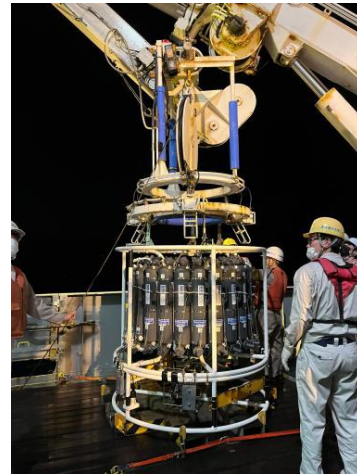


写真 1. 海鷹丸に搭載されている多層採水器

【 研究の内容と成果 】

ポリエチレンやポリプロピレンといった海水よりも比重の軽い素材の MP は、海面近くを長く浮遊します。浮遊を続けるうち、表面に藻類やバクテリアなど海洋生物が付着し、重量を増すことで、やがては海底に向かって沈降していきます。この際、浮力の小さな微細 MP ほど沈みやすいと考えられ、実際に、これまでの観測によって海面下に漂流する微細 MP の存在が報告されてきました。

本研究成果は、12 層から採取された 4 測点の海水試料の結果を統合し、微細 MP には二つの輸送経路があることを示唆しました。一つは生物付着を経て中性浮力に近くなった一群が、海面から海面下に海水とともに沈み込み、 $1023 \sim 1025 \text{ kg/m}^3$ の等密度面に沿って水深 100～300m の中層を漂う経路です。北太平洋において、 1027 kg/m^3 の等密度面周辺で観測される北太平洋中層水は、亜寒帯の海面近くで形成され、亜熱帯の中層まで 20～40 年程度をかけて南下すると報告されています。この時間規模を海洋中層の海洋循環の目安とすれば、第一の経路を通る一群も、やはり数十年は海中を漂うと考えられます。もう一群は、生物付着によって海水よりも重くなったもので、速やかに海底に向かって沈んでいくと考えられます。

浮遊濃度は海水 1 m^3 あたりで約 1000～10000 個程度の範囲でした。

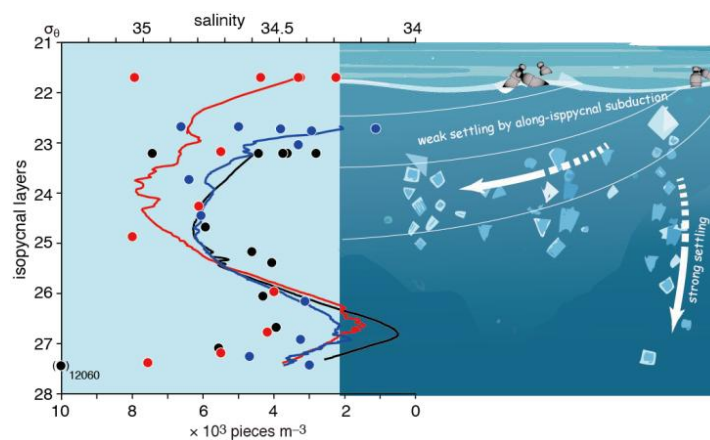


図 2. 微細 MP の等密度面座標 (0～1000m に相当) で示した鉛直分布 (左 曲線は塩分、黒 : Sta. 1、赤 : Sta. 2、青 Sta. 4 (図 1 参照)) と輸送経路の模式図 (右)

【 今後の展開 】

今後は観測データを増やすことで、中層から 1000m 以深の深海に至るまで、MP が海洋大循環に乗って広く海に分布している事実を確認したいと思います。また、MP に付着した生物起源の物質の総量を推定することで、MP の海洋輸送が海洋物質循環や炭素循環に及ぼす影響についても研究を進めていきたいと思っています。

○ ダム湖が生き物の“新しいすみか”に ～ 河川水辺の国勢調査34年間の成果を分析 ～

2025年9月24日国土交通省報道発表資料抜粋

国土交通省は、河川環境の整備と保全を適切に推進するため、河川・ダムにおける生物相を定期的、継続的、統一的に把握することを目的として、平成2年(1990年)度より「河川水辺の国勢調査」を実施しています。このたび、最新（令和5年度）の調査結果をこれまでのデータとあわせて分析し、特徴をとりまとめましたのでお知らせします。

本調査は、全国一級水系の国管理区間の河川、及び国・水資源機構管理のダムを主な対象としており、河川調査結果の分析は5月に公表されています。今回は、ダムの整備によって出現したダム湖の分析結果になります。これまでの34年間にダムでは約1200調査を実施しています。

最新の調査結果を、これまでの調査データとあわせて分析したところ、ダムが新たな生き物のすみかとなっていることや、外来生物の影響が広がっていることなど、さまざまな変化が明らかになりました。

【 分析結果の概要 】

ダムは生き物の「新しいすみか」に

ダム湖の出現によって創出された開放水面は、魚を主食とする「**ミサゴ**」などの狩り場として利用されています。ダム周辺でミサゴが**営巣する事例も確認**されています。

ダムが新たな生息・繁殖の場として利用されているといえます。



ミサゴ
(環境省レッドデータブック
準絶滅危惧種)

広がる外来生物の影響

特定外来生物「**コクチバス**」の分布域及び**個体数の拡大**傾向が見られました。ダムで確認される**外来魚の種類も増加**傾向でした。

外来生物の影響がダムに広がりつつあるといえます。

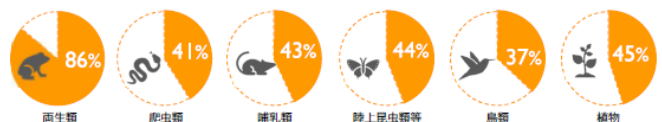


コクチバス
(特定外来生物指定)

ダムとその周辺に広がる、生き物のすみか

最新調査では、「日本産野生生物目録」等に掲載されている動植物の**約4～8割が確認**※されました。※魚類・底生動物・動植物プランクトンは対象外

ダム整備後、ダム周辺が多様な生き物のすみかとなっていることが明らかになりました。



詳細は国土交通省のホームページをご覧ください。

https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo04_hh_000277.html

○ 未来の海では貝が育たない？

～ 酸性化が進んだ“海の脅威”を数値化し、貝類幼生への影響を予測 ～

2025年9月18日国立研究開発法人
海洋研究開発機構報道発表資料抜粋

国立研究開発法人 海洋研究開発機構（JAMSTEC）は、東京大学との共同研究により、海洋酸性化が貝類幼生の貝殻形成に与える影響を定量的に評価する新手法を開発しました。

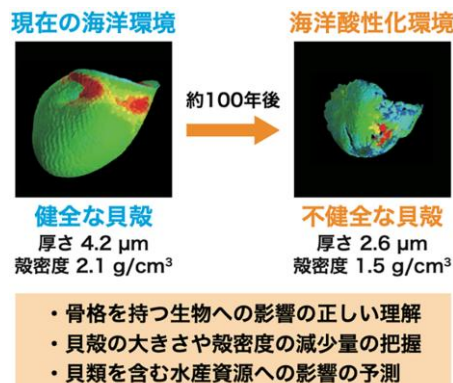


図1. 幼生の貝殻の“殻密度”を測る技術で将来を予測

【 背景 】

人類の活動によって排出される二酸化炭素は、地球温暖化を引き起こすだけでなく、海洋の化学的な性質にも大きな影響を与えています。大気中の二酸化炭素（ CO_2 ）は海水に溶け込むと、水（ H_2O ）と反応して炭酸（ H_2CO_3 ）を生成し、さらにそれが解離して水素イオン（ H^+ ）が生じることで、海水のpHが低下します（図2）。この現象は「海洋酸性化」と呼ばれており、現在、世界中の海でその進行が確認されています。しかし、海の豊かな生物資源を食物連鎖の底辺で支えている海洋プランクトン、特に、石灰質（炭酸カルシウム）の殻をもつ動物プランクトンへの海洋酸性化の進行による影響については研究例が極めて少なく、その実態は明らかになっていません。

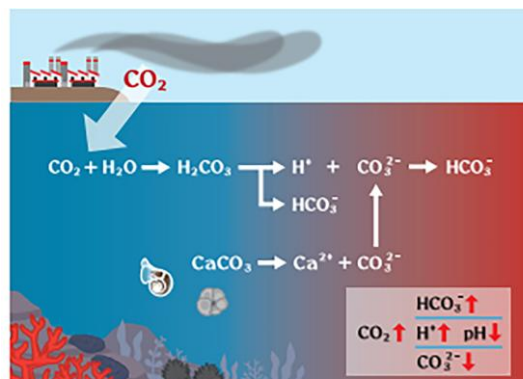


図2. 海洋酸性化のしくみ

海洋生物がつくる石灰質の殻は、海水中のカルシウムイオン (Ca^{2+}) と炭酸イオン (CO_3^{2-}) から構成されています。海水の pH が低下し酸性側に傾いていくと、殻の材料となる海水中の炭酸イオンは炭酸水素イオン (HCO_3^-) へと変化し、炭酸イオンの濃度が減少します。その結果、炭酸カルシウム (CaCO_3) 飽和度 Ω (値が 1 以上の時は炭酸カルシウムが過飽和、1 未満の時は未飽和の海水の状態を示す指標) が低下し、石灰質の殻を形成しづらくなる、すでに形成された殻が溶けるといった現象が引き起こされます。石灰質の殻が十分に形成されないことで、外敵に捕食されやすくなったり、感染症にかかりやすくなったりするなど、生物の生理生態に対して様々な悪影響を及ぼす可能性が危惧されています。特に、貝類幼生の貝殻の炭酸カルシウムはアラゴナイト結晶からなり、他の炭酸カルシウムの結晶に比べて海水に溶けやすいため、私たちはアラゴナイト飽和度 ($\Omega_{\text{aragonite}}$) の変化による貝類幼生への影響に着目して、実験を行うことにしました (図 3)。



図 3. 青森県むつ市(関根浜)で採集したクサイロアオガイ

クサイロアオガイ (図左) をひっくり返して観察すると、名前の由来にもなっているように、きれいな青緑色 (草色) をしている (図右)。オスとメスを採集し、実験室内で人工授精を行って、実験を行った。

実際に、日本の沿岸、津軽海峡において、10 年以上にわたる海洋観測の結果から、海洋酸性化の進行が確認されています。図 4 は、クサイロアオガイを採集した青森県むつ市・関根浜における、アラゴナイト飽和度 ($\Omega_{\text{aragonite}}$) の観測結果 (青線) と、最も値が低くなる 2 月のデータ (赤線) です。この図からも分かるように、季節変化を伴いながらも、 $\Omega_{\text{aragonite}}$ は全体として低下傾向にあり、冬季 (2 月) に最も低くなります。このまま酸性化が進めば、今世紀末には、炭酸カルシウムの中でも特に溶解しやすいアラゴナイト結晶が作りにくい海水環境、すなわち $\Omega_{\text{aragonite}}$ の値が 1 を下回る状態 ($\Omega_{\text{aragonite}}$ が 1 以上の時はアラゴナイト結晶が過飽和、1 未満の時は未飽和の海水の状態) に至ると予測され、アラゴナイト結晶の殻を持つ生物への影響が懸念されています。

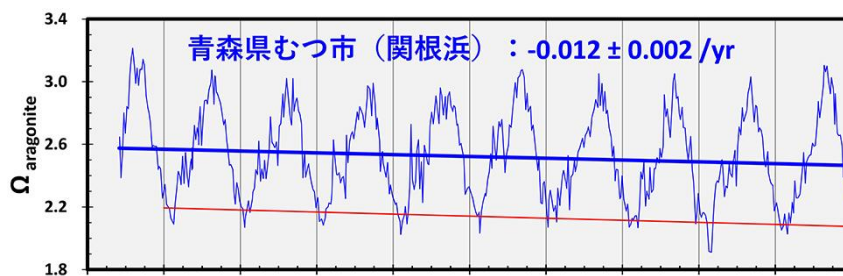


図 4. クサイロアオガイを採集した青森県むつ市(関根浜)での海洋酸性化の進行

また、将来予測される低 Ω の海水環境の模擬的な飼育実験では、石灰質の殻をもつウニやカキなどの幼生で、成長が著しく阻害されるという報告例があります。つまり、貝類やウニなどの石灰化生物の幼生期（初期発生段階）は、海洋酸性化に対して感受性が高く、殻の形成や発達が妨げられることで、個体の生存だけでなく将来の個体群維持にも深刻な影響を与えるおそれがあります。しかしながら、従来の手法では微小な殻の密度や構造変化を定量的に比較することが難しく、種や発達段階間の影響を把握する上で大きな障壁がありました。

【 内容 】

本研究では、日本国内の潮間帯に広く分布する巻貝の仲間であるクサイロアオガイ (*Nipponacmea fuscoviridis*)（ヒメカサガイ属の一種）を青森県むつ市（関根浜）や茨城県ひたちなか市（平磯海岸）で採集し（図 3）、実験室内で人工授精を行い、異なる炭酸アラゴナイト飽和度

（ Ω aragonite）の海水環境下で受精卵から幼生期に至るまでの間、飼育する実験を行いました。その後、JAMSTEC が独自開発した高解像度マイクロフォーカス X 線 CT（MXCT 装置）（図 5）を用いて、幼生の貝殻の厚さ・体積・密度をマイクロメートルスケールで三次元的に測定しました。さらに、走査型電子顕微鏡（SEM）による貝殻の表面構造観察や、貝殻形成に関与する遺伝子発現領域を染色する手法（in situ ハイブリダイゼーション法）で可視化しました。



図 5. 微小な貝殻を精密に分析可能なマイクロフォーカス X 線 CT

その結果、海洋酸性化を模倣した環境では以下のような影響が明らかになりました：

1. 幼生が作る貝殻が非常に小さくなった（図 6）。
2. 貝殻の表面にみられる規則的な稜や模様が消失し、穴が開くなど表面構造が不明瞭となった（図 6 電子顕微鏡像）。
3. 貝殻の厚さが約 40%、貝殻中の炭酸カルシウムの密度が約 30%減少し、貝殻全体が薄く脆弱な構造となった（図 6 MXCT 像）。
4. 貝殻を形成する領域（貝殻形成に関わる遺伝子が発現する領域）が約 30%縮小した（図 7）。

本研究により、貝類幼生における貝殻形成の成否が、海洋酸性化による海水の変化に極めて敏感に反応し、海洋酸性化が進行した海水では非常に脆く不健全な貝殻を作ることしかできなくなる可能性が示されました。従来の光学顕微鏡や電子顕微鏡による観察では、非常に微小な貝殻への影響

について定性的な評価をすることしかできませんでしたが、高解像度 MXCT 装置を用いることで、貝殻の大きさや厚み、密度への影響を、非破壊かつ高精度に定量し、数値化することができることが示されました（図 6）。

さらに、貝殻を形成する細胞で発現している遺伝子を染色することで、実際に貝殻を作っている細胞で囲まれた領域が小さくなることが明らかになり、貝殻だけでなく貝殻を作る場所への影響がある可能性が示されました（図 7）。

本研究では、2023 年に JAMSTEC が開発した殻の精密分析技術を活用し、進行しつつある各海域での海洋酸性化が海洋生物の殻形成に及ぼす影響を定量的に明らかにしました。さらに、遺伝子レベルでの影響評価と組み合わせることで、将来の海洋環境変化に対する生物の応答を予測する研究への展開が期待されます。

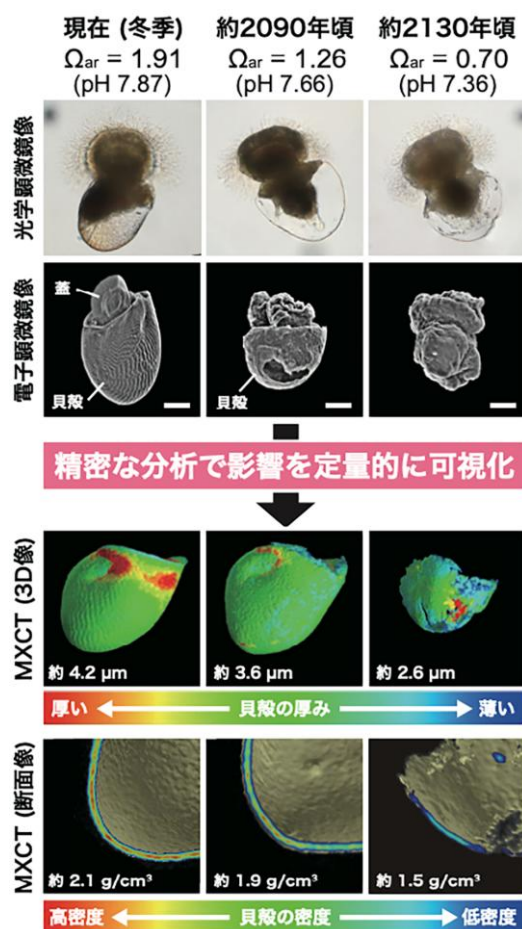


図 6. 海洋酸性化実験による貝殻への影響
電子顕微鏡図右下のスケールは 40
マイクロメートル、図中の pH は本実験
で使用した値

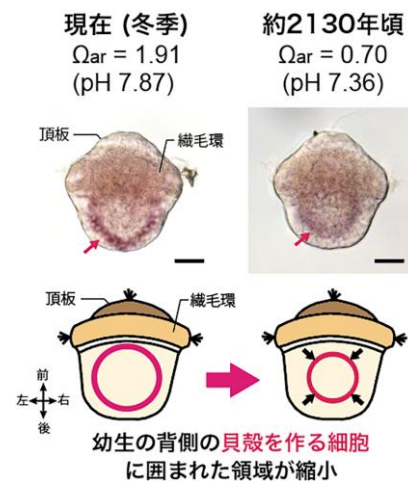


図 7. 海洋酸性化実験による貝殻を作る細胞領域
への影響

貝殻を作る細胞を可視化するため、貝殻の材料として使われるキチンを合成する酵素（キチン合成酵素）遺伝子を染色した（上段の赤矢印）。（図右下のスケールは 20 マイクロメートル）

【 今後の展開 】

本研究により、海洋酸性化が微小な貝殻形成に及ぼす影響を、生物の初期発生段階において正確に評価できる手法が確立されました。これは、これまで「ブラックボックス」とされていた、石灰質の殻を持つ微小なプランクトンや貝類の幼生の初期成長過程に光を当てる重要な成果です。この手法は、私たちの食生活にも深く関わる二枚貝類や巻貝類などの貝類に限らず、ウニやサンゴなど他の石灰化生物にも応用可能であり、地球規模で進行する海洋環境変化に対する生物応答の評価や将来予測に向けた研究に幅広く役立てられることが期待されます。

今後は、この手法を国際的に展開し、世界各地の海洋酸性化の影響評価や、水産資源の持続的管理、生態系保全戦略の立案に向けた科学的な基礎情報の一つとしての活用していく予定です。

編集後記

会社の登山部（年に1回程度しか活動してませんが）で、白山に行ってきました。登山口付近はまだ夏の終わりといった感じでしたが、室堂（標高2450m）付近は紅葉が始まっていました。緑のハイマツと赤いナナカマドのコントラストが奇麗でした。山頂（御前峰）からは、剣ヶ峰や大汝峰をきれいに見ることが出来ましたが、少しガスがわいてきて遠くの山並みは見えませんでした。下山後2,3日は筋肉痛でした。次回の部活に向け自主トレに励みます。（A.K）



中腹（高天原）からの御前峰



御前峰からの剣ヶ峰（右）と大汝峰（左）



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

