

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H04262

研究課題名（和文）「行方不明プラスチック」の謎を明かす-深海に沈む海洋プラスチックの徹底調査

研究課題名（英文）Plastic in the deep-sea environment

研究代表者

中嶋 亮太（Nakajima, Ryota）

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門（海洋生物環境影響研究センター）・グループリーダー

研究者番号：20546246

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,170,000円

研究成果の概要（和文）：海洋に流入するプラスチックごみは生態系に深刻な影響を及ぼしている。本研究では、日本周辺の深海域を調査し、房総半島沖の深海底で高密度のプラスチックごみが他海域と比較して百倍（マクロプラスチック）から数千倍（マイクロプラスチック）に集積していることが明らかになった。海表層の渦がこれらのごみを集約し、直接海底へ輸送するメカニズムが推察された。さらに深海環境ではプラスチックの劣化が非常に遅いことが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で、日本周辺の深海底には他の海域と比べて多量のプラスチックごみが存在することが明らかとなった。海流がプラスチックごみを日本周辺海域へ運び、海底へと輸送するメカニズム、輸送されるごみの量、日本周辺の深海底に広がるプラスチックの存在量が今後モデルによって示され、行方不明プラスチックの実態が明らかとなるだろう。これらの海洋情報は、政策立案者にとって具体的な対策を講じるための科学的根拠を強化し、海洋環境保全の一助となる。

研究成果の概要（英文）：Plastic waste flowing into the ocean has a serious impact on ecosystems. This study investigated the deep-sea areas around Japan, revealing that the seafloor off the Boso Peninsula (at a depth of about 5800 meters) has plastic waste accumulated at densities a hundred times (for macroplastics) to several thousand times (for microplastics) higher than other sea areas. It is surmised that vortices in the surface layer of the sea aggregate these wastes and directly transport them to the seafloor. Furthermore, it has been confirmed that the degradation of plastics is extremely slow in the deep-sea environment.

研究分野：生物海洋学

キーワード：海洋プラスチック 深海 マイクロプラスチック

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

プラスチックは生物に分解されないことから生態系への影響が懸念されており、世界各国が海洋ごみ汚染の実態把握や排出防止に向けて動いている。毎年膨大な量のプラスチックごみが海洋に流入し続けており、少なくとも海洋環境には2500万トンのプラスチックごみが存在すると予測されている。しかし実際に海面に浮かぶ量は全体のわずか1割程度に過ぎない。残りの大部分は表層から姿を消し行方不明であり、深海底がプラスチックごみの最終的な集積地と考えられているが、その実態はよくわかっていなかった。これらのプラスチックごみの一部は、劣化して微細化し、5mm以下のマイクロプラスチックとなる。小さくなったマイクロプラスチックもまた最終的に深海底の堆積物に集積していると予想されるが、研究例が少なく、深海ごみの実態はほとんど明らかになっていない。特に、大深度の海底におけるプラスチックごみの情報は世界的にみても極めて乏しく、実態の解明が急務である。

毎年海洋に流入する膨大な量のプラスチックごみのうち、約半分は東アジア・東南アジア諸国から漏出している。これら大量排出域から漏出したごみの一部は黒潮に乗り、日本近海を北上する。そのため日本近海の表層に浮かぶマイクロプラスチック量は他の海域に比べて多いことが先行研究で明らかになっており、日本周辺の深海底には極めて多量のプラスチックごみが集積していると予想されている。

日本近海には、少なくとも2つの巨大な深海ごみの集積場所が予想されている。1つは四国沖の「黒潮・再循環域」の海底、そしてもう1つは房総半島沖の「黒潮続流・再循環域」の海底である。「黒潮・再循環域」および「黒潮続流・再循環域」の表層では、海流が大きく渦を巻いて循環しており、黒潮によって日本を含む東アジアから運ばれてきたプラスチックごみが渦に巻き込まれて集積・沈降し、その海底下には巨大なごみだまりが形成されていると予想されていた。

2. 研究の目的

本研究では、「黒潮・再循環域」および「黒潮続流・再循環域」直下の深海平原を含め、日本周辺海域の深海底におけるプラスチックごみ量の現存量を把握することを目的とした。本報告では「黒潮続流・再循環域」から得られた成果を中心に述べる。「黒潮続流・再循環域」は、東アジア域から流入するプラスチックごみが黒潮に乗って北上し、東太平洋に向かう際の主要な経路地点である。

3. 研究の方法

有人潜水調査船「しんかい6500」を使って、房総半島から500kmほどの沖合にある「黒潮続流・再循環域」の直下の深海平原(水深約5700-5800m)、相模湾における海底(水深約1000m)においてマクロプラスチックごみ(大きさが25mm以上のプラスチック)およびマイクロプラスチック(大きさが5mm以下のプラスチック)の調査を実施した。また相模湾と黒潮続流・再循環域の間に位置するプレート三重会合点(水深約9200m)では大深度海底設置型観測システムによるマイクロプラスチックの調査を実施した。

マクロプラスチックごみは、映像観察からごみの分類計数を行い定量(個数/海底面積 km²)した。マイクロプラスチックは堆積物を柱状コアラーで採取し、顕微 FTIR を用いて定量(個数/乾燥堆積物重量 g)した。

4. 研究成果

「黒潮続流・再循環域」の直下の海底でプラスチックを含む大量のごみが確認され、水深6,000m付近の大深度の海底においても、プラスチックごみの汚染が広がっていることが明らかとなった。見つかったごみの大部分(8割以上)はポリ袋や食品包装などの「使い捨てプラスチック」であった。昭和59年(1984年)製造と記された35年以上前の食品包装がほとんど無傷かつ印刷も鮮明なまま見つかり、水温の低い深海ではプラスチックがほとんど劣化しないことがわかった(図1)。



図1. 「しんかい6500」のマニピュレーターで採取されたプラスチックの食品包装。房総半島の東沖(水深5700メートル)。製造年月日には昭和59年9月と印字されていた。

当該海域の深海底に到達したプラスチックは、極めて長い時間残り続けると考えられる。「黒潮続流・再循環域」の深海平原に広がるプラスチックごみの密度（平均 4,561 個 km^{-2} ）は、過去に記録された深海平原におけるプラスチックごみと比べて 2 桁も高く、海溝や海底谷など、ごみなどが集まりやすいと考えられる窪地と比較しても高い値を示した（図 2）。

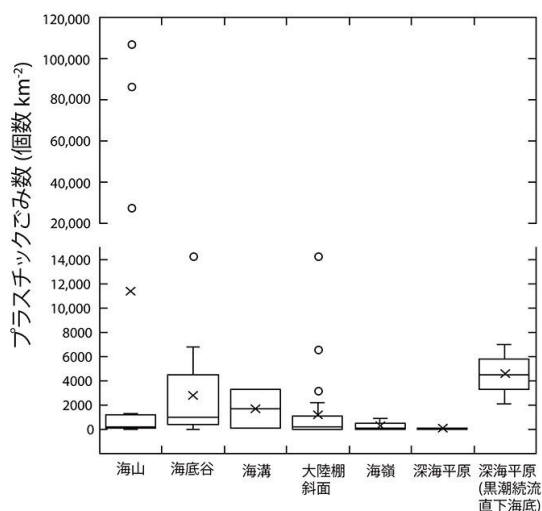


図 2. 世界の海底地形ごとのプラスチックごみ数の比較。これまでに報告された深海平原のプラスチックごみ数よりも黒潮続流域直下の深海平原の数は桁違いに多い。また他の海洋地形と比べても、黒潮続流直下の深海平原のごみ数は多い方であることがわかる。箱の中の横線は中央値、×は平均値を示す。○は外れ値。箱の上下は、それぞれ第 3 四分位数、第 1 四分位数を示す。

マイクロプラスチックの数は「黒潮続流・再循環域」直下の深海平原で最も多い傾向にあった。その数は、深海平原では平均約 600 個/g であり、続いて相模湾では平均約 30 個/g、プレート三重会合点では平均約 10 個/g であった。これは、これまでの研究で最も多くのマイクロプラスチックが見つかった地中海の堆積物に比べて 2～260 倍、北大西洋に比べて 2～5500 倍もの数になる。

黒潮によって運ばれる大量のごみの一部は沈降して日本周辺海域の深海底に堆積していること、そして「黒潮続流・再循環域」の深海底がプラスチックごみの主要な溜まり場の 1 つになっていることを示唆された。JAMSTEC のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」で計算した海中の流れ場を用いて沈降の様子をシミュレーションした結果、「黒潮続流・再循環域」の深海底で見つかったごみは、どこか遠く海底から運ばれてきたものが集積したというよりは、真上の海面から鉛直方向に沈降してきたものが残留している可能性が高いこともわかった。本研究課題より、日本周辺海域の深海底に存在するプラスチック量は他の海域に比べて高いという事実が浮き彫りとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Nakajima R, T. Miyama, T. Kitahashi, N. Isobe, Y. Nagano, T. Ikuta, K. Oguri, M. Tsuchiya, T. Yoshida, K. Aoki, Y. Maeda, K. Kawamura, M. Suzukawa, T. Yamauchi, H. Heather, K. Fujikura, A. Yabuki	4. 巻 8
2. 論文標題 Plastic after an extreme storm: The typhoon-induced response of micro- and mesoplastics in coastal waters	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in marine science	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) 10.3389/fmars.2021.806952	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 中嶋亮太, 山下麗	4. 巻 29
2. 論文標題 海洋マイクロプラスチックの採取・前処理・定量方法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 129-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.29.5_129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakajima R, Tsuchiya M, Yabuki A, Masuda S, Kitahashi T, Nagano Y, IKuta T, Isobe N, Nakata H, Ritchie H, Oguri K, Osafune S, Kawamura K, Suzukawa M, Yamauchi T, Iijima K, Yoshida T, Chiba S, Fujikura K	4. 巻 166
2. 論文標題 Massive occurrence of benthic plastic debris at the abyssal seafloor beneath the Kuroshio Extension, the North West Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin	6. 最初と最後の頁 112188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpolbul.2021.112188	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ryota Nakajima, Masashi Tsuchiya, Dhugal J. Lindsay, Tomo Kitahashi, Katsunori Fujikura and Tomohiko Fukushima	4. 巻 7
2. 論文標題 A new small device made of glass for separating microplastics from marine and freshwater sediments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PeerJ	6. 最初と最後の頁 e7915 - e7915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj.7915	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakajima R, Lindsay DJ, Tsuchiya M, Matsui R, Kitahashi T, Fujikura K, Fukushima T	4. 巻 6
2. 論文標題 A small, stainless-steel sieve optimized for laboratory beaker-based extraction of microplastics from environmental samples	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MethodsX	6. 最初と最後の頁 1677 - 1682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mex.2019.07.012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計4件(うち招待講演 4件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 中嶋亮太
2. 発表標題 海洋・深海におけるプラスチック汚染の実態
3. 学会等名 第48回 大気環境学会近畿支部シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakajima R, T. Miyama, T. Kitahashi, N. Isobe, Y. Nagano, T. Ikuta, K. Oguri, M. Tsuchiya, T. Yoshida, K. Aoki, Y. Maeda, K. Kawamura, M. Suzukawa, T. Yamauchi, H. Heather, K. Fujikura, A. Yabuki
2. 発表標題 台風はプラスチックを大量に海に流出させるー「令和元年房総半島台風」を例にー
3. 学会等名 プランクトン学会シンポジウム~海洋プラスチック研究の最前線~(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中嶋亮太・土屋正史・矢吹彬憲・増田周平・北橋倫・長野由梨子・生田哲朗・磯部紀之, 中田晴彦, Heather Ritchie・小栗一将・長船哲史, 川村喜一郎・鈴川真季, 山内拓也, 飯島耕一・吉田尊雄・千葉早苗・藤倉克則
2. 発表標題 黒潮統流直下の深海平原で見つかった大量のプラスチックごみ
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中嶋亮太
2. 発表標題 地球規模プラスチック汚染の現状
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 中嶋亮太	4. 発行年 2021年
2. 出版社 教育画劇	5. 総ページ数 48
3. 書名 海洋ごみ問題について知ろう	

1. 著者名 中嶋亮太	4. 発行年 2019年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 128
3. 書名 海洋プラスチック汚染 「プラなし」博士、ごみを語る	

〔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
---------	---------