

北極におけるプラスチック汚染問題

公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所 研究員 豊島淳子

1. はじめに

近年、プラスチックごみによる海洋汚染及び生態系への影響が大きな問題として注目されている。これまでに海に流出したプラスチックごみの総量は1.5～4億トンで、毎年新たに800万トンが海洋に流出していると推定されている¹。プラスチックは自然には分解されないため、紫外線や波などの作用で細かく砕かれながら、海流に乗るなどしてあらゆる場所に運ばれていく。最終的には北極や深海底など一見汚染とは無縁と思われる場所にも影響を及ぼす。

北極におけるプラスチック汚染を対象とした研究も、近年増加してきている。本論考では、既存の研究のレビューにより北極におけるプラスチック汚染に関してこれまでに得られた知見を概観し、併せて北極におけるプラスチックごみ問題の解決に向けた国際社会の取組や今後の展望について紹介する。

2. 北極におけるプラスチック汚染の現状

文献に残る最初の北極地域のプラスチック汚染に関する報告は、1970年代にさかのぼる。アリューシャン列島のアムチカ島の延べ10kmの砂浜を調査したところ、約2000～5300個のプラスチックごみが観察された²。このほとんどはロシア及び日本の漁船により放棄された漁具であったと述べられている。近年になって、2016年に観光クルーズ船の乗客の協力を得て実施された「市民科学者 (citizen scientist)」による調査では、北極圏のスバルバル諸島にある6か所のビーチから合計991kg (平均で102±84g/m²) のプラスチックごみが回収された³。このごみのほとんどを漁網や浮きなどの漁具が占めていた。またこの調査の中で参加者が撮影した写真から、体にロープが巻き付いたアザラシやビニール袋を口にくわえたホッキョクグマなど、8種の野生生物とプラスチックごみの接触が確認された (図2)。アムチカ島の調査からは30年以上経過したにも関わらず、依然として漁具による北極地域のプラスチック汚染が深刻であることが分かる。



図1 北極圏 (Ocean Newsletter376号の図に加筆)

¹ Jambeck, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science 347, 768-771, <https://doi.org/10.1126/science.1260352> (2015).

² T.R. Merrell Jr. Accumulation of plastic litter on beaches of Amchitka Island, Alaska, Mar. Environ. Res. 3 (3) 171-184. (1980).

³ M. Bergmann, B. Lutz, M.B. Tekman, L. Gutow. Citizen scientists reveal: marine litter pollutes Arctic beaches and affects wild life, Mar. Pollut. Bull. 125 (1) 535-540. (2017).



図2 市民科学者によって撮影されたスバルバル諸島における野生生物とプラスチックの接触例
(Bergmann et al. 2017)

上記の2例は比較的サイズの大きなマクロプラスチックに関する調査であるが、5mm以下のほとんど目に見えないサイズのマイクロプラスチックによる汚染についても研究が進んでいる。Barrowsら⁴の研究で、世界中の様々な地点で海水を採取し含まれるマイクロプラスチックの量を測定したところ、意外なことに北極海は他の地点よりマクロプラスチック濃度が高く、さらに沿岸よりも沖合のほうが高かった(図3)。彼らの調査結果によれば北極海におけるマイクロプラスチック濃度は、2番目に高い南極周辺の海と比べても有意に高かった。この原因は、海に流れ込んだマイクロプラスチックが、海流に乗って移動し最終的には極地の海に集積するためと考えられている。Lusherら⁵による別の研究では、スバルバル諸島南方の海域を調査し、表層水と水深6mの海中から採取したサンプルの90%以上からマイクロプラスチック片が見つかったと報告している。このように、マイクロプラスチックは海面だけでなく海中にも存在していることが分かる。

⁴ Barrows, A. P. W., Cathey, S. E. & Petersen, C. W. Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental Pollution* 237, 275–284, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.062> (2018).

⁵ Lusher, A.L., Tirelli, V., O'Connor, I., Officer, R., Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Sci. Rep.* 5, 14947. (2015).

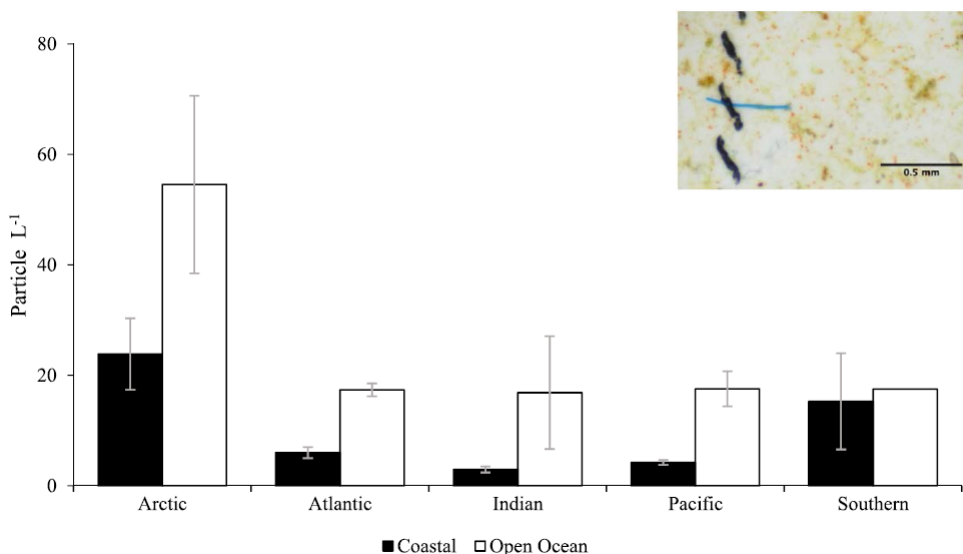


図3：5つの主要な海域における沿岸及び沖合の海水サンプル中の平均マイクロプラスチック濃度 (Barrows et al, 2018)

また、マイクロプラスチックは海水中だけでなく北極の雪や氷などの中にも含まれている。Bergmann⁶は、フラム海峡の浮氷に積もった雪のサンプルを採取し、ドイツの都市部の雪やスイスアルプスの雪と比較してマイクロプラスチック濃度を調べた。その結果、フラム海峡の雪にはヨーロッパと比べると少ないものの、多い場所では1リットルあたり14,400個ものマイクロプラスチック片が含まれることが分かった。この結果から、マイクロプラスチックが大気中を通して人口密集地から極地へと移動していることが示唆される。これらの雪には自然由来の微粒子（植物片、動物の毛、炭、砂など）も多数含まれていたが、平均して微粒子のうちの12%が合成繊維を含むマイクロプラスチックであった。また、この研究で用いた手法では11 μ m以下の微粒子は検出不可能であったが、検出されたマイクロプラスチックの大部分が11～25 μ mの大きさであったことから、さらに多くの11 μ m以下の検出限界以下のマイクロプラスチックがサンプル中に存在していると推測されている。より小さなナノサイズのプラスチックに関しては北極圏における研究の例はまだ存在しない。

また、北極の氷のコアサンプルの中からもマイクロプラスチックが検出されている⁷。Obbard⁸は、北極海の3カ所のサンプリング地点で採取した海氷を分析し、多数のマイクロプラスチック片や2mm以下の微小な化学繊維のかけらなどを発見した。海水が凍結する際に、氷の凝固作用によってプラスチックの濃度が凝縮されるため、氷の中には周辺の海水よりも高濃度でマイクロプラスチックが蓄積されている。地球温暖化の影響で氷が解けることにより、氷の中に凝縮されていたマイクロプラスチックが海水中に放出される可能性が示唆されている。Obbardらは、海流パターン等から、これらのマイクロプラスチック片を含む海水は太平洋から北極海に流れ込んだものではないかと推測している。

⁶ M. Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., Tekman, M.B., Trachsel, J., Gerdts, G. White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Sci. Adv.* 5, eaax1157 (2019).

⁷ Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B. et al. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nat Commun* 9, 1505 (2018).

⁸ Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I., Thompson, R.C. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earths Future* 2(6), 315–320. (2014).

3. 北極のプラスチックごみはどこから来てどこへ行くか？

北極に存在するプラスチックごみは、北極圏内で消費され環境中に流出したものと、それ以外の地域から運ばれてきたものがあると考えられる。近年の北極圏における人口増加や漁業・養殖業・観光業・海上交通・資源開発などの経済活動の活発化に伴い、発生する海洋プラスチックごみの量も増えていると考えられている⁹。しかし、これらの発生源から海洋に流出するごみの量については、定量的な調査は行われておらず実態は不明である。

また、遠く離れた人口密集地からも海流や風によってプラスチックが北極に運ばれているのは既に述べたとおりである。最終的に、北極に到達したプラスチックは、生物の体内に取り込まれたり、氷の中に閉じ込められたり、深海に沈んだりしていると考えられる。Cozarら¹⁰の論文では、熱塩循環の流れによるプラスチックごみの北極海の海底への輸送が示されている。すなわち、プラスチックごみが大西洋からバレンツ海に流れ込み、そこから海水が冷やされて比重が重くなって海底に沈む流れに乗ってプラスチックごみも沈み込み、北極海の海底に蓄積するのではないかと推測されている。この推測を裏付けるように、Tekmanら¹¹はフラム海峡東部の水深2500mの深海底におけるプラスチックごみのモニタリングを行っており、2011年以降ごみの量が年々増加していることを報告している。

4. 海洋生物及び生態系への影響

北極におけるプラスチックごみの生物への影響については、いくつかの種を除いてはほとんど情報がなく、今後の研究が最も必要とされている分野である。特に、ホッキョクグマや、クジラやアザラシなどの海棲哺乳類についての情報が欠けている。これまでに行われた研究の多くは、フルマカモメなどの海鳥類や、ホッキョクダラなどの魚類を対象としている。中でも海鳥類に関して研究例が多く、その深刻な被害が懸念されている。

Poonら¹²の調査によれば、海鳥の中でも種によって影響の受けやすさが異なり、ハシブトウミガラス (*Uria lomvia*) やハジロウミバト (*Cepphus grylle*) のような水中に潜水して捕食する種に比べて、フルマカモメ (*Fulmarus glacialis*) やミツユビカモメ (*Rissa tridactyla*) のような水面で捕食する種のほうがプラスチックを飲み込んでいる割合が高かった。特にフルマカモメに関しては研究例が多く、例えばスバルバル諸島で行われた調査では、フルマカモメ40羽中35羽 (87.5%) の胃の中から平均15.3個のプラスチック片が見つかり¹³、またカナダで行われた調査でも同様に84%の個体の胃の中からプラスチック片が見つかった¹⁴。これは、別のカナダでの調査でハシブトウミガラスを調べた結果、胃の中からプラスチックが発見された割合が11%であった¹⁵ことと比べると、非常に高い。この

⁹ Halsband, C., Herzke, D. Plastic litter in the European Arctic: what do we know? *Emerging Contaminants* 5, 308-318. (2019).

¹⁰ Cozar, A., Martí, E., Duarte, C. M., García-de-Lomas, J., van Sebille, E., Ballatore, T. J., Eguíluz, V. M., Gonzalez-Gordillo, J. I., Pedrotti, M. L., Echevarría, F., Trouble, R., Irigoien, X. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the north Atlantic branch of the thermohaline circulation, *Sci. Adv.* 3 (4). (2017).

¹¹ Tekman M.B., Krumpfen T., Bergmann M. Marine litter on deep Arctic seafloor continues to increase and spreads to the north at the Hausgarten observatory. *Deep Sea Res I* 120, 88-99 (2017).

¹² Poon, F. E., Provencher, J. F., Mallory, M. L., Braune B.M., Smith P.A. Levels of ingested debris vary across species in Canadian Arctic seabirds, *Mar. Pollut. Bull.* 116 (1-2), 517-520. (2017).

¹³ Trevail, A.M., Gabrielsen, G.W., Kühn, ., Van Franeker, J.A. Elevated levels of ingested plastic in a high Arctic seabird, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*), *Polar Biol.* 38 (7), 975-981. (2015).

¹⁴ Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L. Evidence for increased ingestion of plastics by northern fulmars (*Fulmarus glacialis*) in the Canadian Arctic, *Mar. Pollut. Bull.* 58 (7): 1092-1095. (2009).

¹⁵ Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L., O'hara, P.D., Gilchrist, H.G. Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre (*Uria lomvia*), in the eastern Canadian Arctic. *Mar Pollut Bull.* 60(9):1406-1411. (2010).

ようにフルマカモメはプラスチック汚染等の影響を受けやすいため、環境汚染の程度を測る指標種となっている。

魚類に関しては、Kuhnら¹⁶の研究チームが北極海で獲れた72匹のホッキョクダラ (*Boreogadus saida*) の胃の内容物を調べたところ、そのうちの2匹 (2.8%) からマイクロプラスチック片が発見された。割合としては低いものの、ホッキョクダラは北極の生態系の中で鍵となる役割を果たしており、食物連鎖を通して生態系への影響が懸念される。

さらに、北極地域に限ったことではないが、プラスチックは油脂を吸着しやすく、プラスチックに吸着した有害物質が生物に悪影響を与える可能性も懸念されている¹⁷。

5. 国際的な取組と今後の展望

海洋プラスチックごみに関する国際的な取組については、現在生物多様性条約の締約国間で議論が進められている「ポスト2020世界生物多様性枠組み (Post-2020 Global Biodiversity Framework)」の中で具体的な目標値が検討されているほか、日本がG20大阪サミットで提唱した大阪ブルー・オーシャン・ビジョンなど、様々なイニシアティブが存在する。その中で北極に特に関連するものは、OSPAR条約と北極協議会の「The Protection of the Arctic Marine Environment (PAME)作業部会」である。

OSPAR条約は北東大西洋の海洋環境保護を目的とする条約で、北東大西洋に面する欧州の15カ国とEUが加盟しているが、対象地域の一部に北極圏が含まれている。このOSPAR条約の下で海洋環境の保全のための生態学的目標 (EcoQO) が定められてモニタリングが行われている。海洋プラスチックに関しては、上述のフルマカモメが指標となっており、海岸に打ち上げられたフルマカモメ50~100羽に対し消化器官中から0.1 g以上のプラスチックが検出される個体の割合を10%以下に減らすという目標が掲げられている¹⁸。しかし、この目標値については、そもそも生態学的根拠がなく政治的に決められたものだという批判もある¹⁹。

北極協議会 (Arctic Council) は、1996年に北極における経済活動や環境保護にかかる問題に関して国際的な協議を行う場として設立された北極圏の8カ国によるハイレベル・フォーラムである。北極圏以外の国もオブザーバーとして参加している。北極評議会には6つの作業部会があり、その中のひとつが海洋環境の保全を目的としたPAMEである。PAMEでは現在海洋ゴミ対策に関する行動計画を作成中である²⁰。

さらに、北極圏の国々のいくつかはこの問題に高い関心を持ち、自ら行動を起こしている。例えば、ノルウェーは北極におけるプラスチック問題についての研究プロジェクトを2018年~2023年の5年間をかけて実施中である²¹。米国で

¹⁶ Kühn, S., Schaafsma, F.L., van Werven, B., Flores, H., Bergmann, M., Egelkraut-Holtus, M., Tekman, M.B., van Franeker, J.A. Plastic ingestion by juvenile polar cod (*Boreogadus saida*) in the Arctic Ocean, *Polar Biol.* 41 (6) :1269-1278. (2018).

¹⁷ Zarfl, C., Matthies, M. Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic? *Mar. Pollut. Bull.* 60 (10), 1810-1814. (2010).

¹⁸ The OSPAR system of Ecological Quality Objectives for the North Sea, a contribution to OSPAR's Quality Status Report 2010. <https://www.ospar.org/documents?v=7169>

¹⁹ Provencher, J.F., Bond, A.L., Avery-Gomm, S., Borrelle, S.B., Rebolledo, S.B., Hammer, S., Kuhn, S., Lavers, J.L., Mallory, M.L., Trevail, A., van Franeker, J.A. Quantifying ingested debris in marine megafauna: a review and recommendations for standardization, *Anal. Methods* 9 (9), 145–1469. (2017).

²⁰ PAME <https://pame.is/index.php/projects/arctic-marine-pollution/regional-action-plan-on-marine-litter>

²¹ Halsband, C., G. Broström, Ø. Andersen, S. Bourgeon, P. Graczyk, B. E. Grøsvik, I. Hallanger, et al. 2018. "Plastic in the Arctic." *Framsenteret. FRAM- High North Research Centre for Climate and the Environment.*

http://www.ifram.no/getfile.php/4306766.2368.usumpmn7mswzb7/Plast+i+Arktis+vitenkapelig+plan+2018-2023_published.pdf

も、民間のシンクタンクであるウィルソンセンターとハーバード大学の共催で、北極のプラスチックごみ問題に関する国際ワークショップが2019年10月に開催された²²。また、現在北極評議会の共同議長を務めるアイスランド政府もプラスチックごみ問題の解決に強い関心を抱いており、アイスランドリサイクリング基金（Icelandic Recycling Fund）を設立し、経済的なインセンティブにより適切な廃棄物管理を促進する取組や、漁業者と協力して使用済みの漁具を無償で回収し、再生プラスチックに転換する取組を進めている²²。2020年4月にはアイスランド政府の主催で首都レイキャビクで北極地域の海洋プラスチックごみ問題に関する初の大規模な国際シンポジウムが計画されていたが、このシンポジウムはCOVID-19の流行により2021年3月に延期されることとなった。

Eriksenら²³は、北極における海洋プラスチック問題の対策として、①北極圏内に居住する人々のコミュニティにおける廃棄物管理の適正化、②放棄・紛失・投棄された漁具の対策、③観光業に伴うプラスチック汚染の防止の3つを提言している。①については、北極圏内で生活している人々はおよそ400万人と言われ、アクセスの悪さやコスト面の問題からごみの回収や処理が不十分である地域も多いことが問題となっている。②については、放棄・紛失・投棄された漁具を英文の頭文字を取って「ALDFG」と呼ぶこともあるが、漁具は、絡まって体を傷つけたり窒息させるなど海生哺乳類や魚類等へ与える害も甚大である。北極の環境と生物多様性保全のために、まずは北極圏や北太平洋・北大西洋で操業する漁業者への啓蒙などを含めた漁具の投棄を減らしていくための対策が求められる。③については、北極地域の観光クルーズを運営する事業者が加盟する「北極探検クルーズオペレーター協会（AECO）」では、北極環境を保全するためのガイドラインを作成し、船上でのプラスチック製品の使用の削減や観光客によるビーチクリーニング活動の取組などを自発的に行っている。

Haarrら²⁴の論文によれば、ノルウェーのロフォーテン諸島の200か所以上のビーチで、2011年から2018年の間に地域住民のボランティアによるビーチクリーニングとモニタリングが継続的に行われた結果、ごみの量の減少傾向が確認できた。この例は、地域社会の意識向上と地道な努力によって、プラスチックごみの問題を少なくとも改善することは可能であるということを示している。しかし、当然のことながら北極のプラスチックごみ問題は北極圏内の国々だけで解決できる問題ではない。既に述べたように、我々日本人が出したごみも一部は太平洋に流れ出て海流に乗っていずれ北極にたどり着き、北極の海を汚染している可能性がある。折しも、来たる2021年5月には、アジアで初の開催となる第3回北極科学大臣会合と、当研究所及び北極サークル事務局が共催する北極サークル日本フォーラムが共に東京で開催される予定である。我々日本人も、まずは自分たちの生活の中でプラスチックごみ削減のためにできることがないかを足元から見直してみたい。

²² <https://www.wilsoncenter.org/publication/policy-and-action-plastic-arctic-ocean>

²³ Eriksen M, Borgogno F, Villarrubia-Gómez P, Anderson E, Box C, Trenholm N. Mitigation strategies to reverse the rising trend of plastics in Polar Regions. *Environ Int.* 139:105704. (2020). doi:10.1016/j.envint.2020.105704

²⁴ Haarr ML, Pantalos M, Hartviksen MK, Gressetvold M. Citizen science data indicate a reduction in beach litter in the Lofoten archipelago in the Norwegian Sea. *Marine Pollution Bulletin* 153:111000. (2020). doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111000