

海洋プラスチックごみ問題を 検証する



三島 勇

東京大学 大気海洋研究所 特任研究員

レジ袋が二〇二〇年に有料化され、マイバッグを利用する人が増えている。私の周りではペットボトルに代えてマイボトルを使っている人をよく見かける。特に大学生などの多くの若い人たちは、デイパックからマイボトルを取り出し、飲んでいく。さり気なく使っているのがカッコいい。若い世代では徐々にマイボトル生活が定着しつつあるのだろう。

だからといって、プラスチックの利用が減っているわけではなさそうだ。コロナ禍で、宅配や持ち帰り食品を買う人が多くなり、プラスチック製の食品容器がごみとなって大量に排出されている。レジ袋の削減を凌ぐ食品容器の急増がプラスチックごみ全体を増やしている（日本経済新聞二〇二〇年十一月三〇日朝刊社会面）。不

織布の使い捨てプラスチックもプラスチック製で、そのごみも増えているのは確実だろう。「プラスチック」

は合成樹脂やその成型品を指す。プラスチックは、耐久性があり、しか

表-1 海洋プラスチックごみ
排出量、流出量の国別一覧

順位	国名	排出量	流出量
1	中国	882	353
2	インドネシア	322	129
3	フィリピン	188	75
4	ベトナム	183	73
5	スリランカ	159	64
6	タイ	103	41
7	エジプト	97	39
8	マレーシア	94	37
9	ナイジェリア	85	34
10	パングラディッシュ	79	31
11	南アフリカ	63	25
12	インド	60	24
13	アルジェリア	52	21
14	トルコ	49	19
15	パキスタン	48	19
16	ブラジル	47	19
17	ミャンマー	46	18
18	モロッコ	31	12
19	北朝鮮	30	12
20	アメリカ合衆国	28	11

*1 排出量は推計量。単位は万トン
*2 流出量は推計量の最大値。単位は万トン
*3 ジャンベック博士らの論文をもとに作成

も安価だ。レジ袋やペットボトルなどから自動車や航空機の部品、医療機器・用品と広く使われている。自動車や自転車のタイヤにも合成樹脂（プラスチック）が含まれる。タイヤは路面で摩擦を起こすと少しずつだが削れていく。タイヤの摩擦片は雨で路面から川へ流され、海に流れ着く。

プラスチックの海への流出量には正確なデータがない。ただ、米ジョージア大学のジェナ・ジャンベック教授らが推計したデータはある。二〇一〇年において、海岸線を持つ一九二か国でプラスチックごみが二億七五〇〇万トが発生し、そのうちの四八〇万〜一二七〇万トが流れ出たと推計している。流出量（表-1）の多さはアジアの発展途上国が目立つ。環境省の資料によると、日本は二

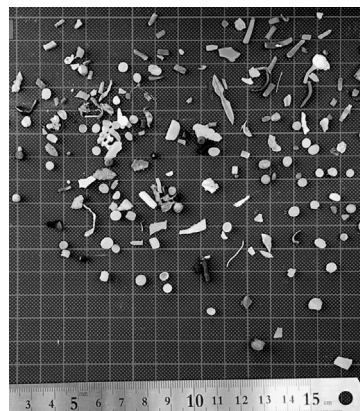


写真-1 横浜市内の海辺で見つかったマイクロプラスチック

ける「暗黒物質」(ダークマター)のようだ。「あるはずなのに見えない」マイクロプラスチックは、プランクトンなどの海洋生物に誤って食べられてフンに混じったり、誤食した海洋生物の死骸に含まれたりして、海底に沈んだのかもしれない。海の表層を漂っているうちに珪藻や海洋生物の死骸などに絡まって塊となり沈んでいったとも言われている。しかし、こうした説明は仮説の域を出ていない。

たとえば、マイクロプラスチックが海底に沈んだということであれば、海底の泥を調べれば、どのくらいのマイクロプラスチックが沈んでいるのか推定できる。しかし、海底の泥から、マイクロプラスチックを見つげようとしても、膨大なプランクトンの死骸など多様な物質があり、選り分けが難しい。まだその手法は研究段階だ。

マイクロプラスチックは、自然界に広がり、動物プランクトンやムール貝、カキの生体内から見つかっている。太平洋や北海の魚、オーストラリアに生息するオットセイの排泄物からも発見されている。

動物プランクトンを使った実験では、生体内に入ったマイクロプラスチックが、成長や発達などに影響を

与えたという結果が出ている。一方、影響はなかったとする結果もある。つまり、マイクロプラスチックそのものが生物に悪影響を与えているという明確な評価はできない。

他方、海にはダイオキシン類やPCB(ポリ塩化ビフェニル)、DDTといった残留性有機汚染物質(POPs)などの有害化学物質が流れ込んでいく。これらの有害化学物質は、自然界では分解されにくい上、生物の体内に蓄積しやすい。実際、シヤチやイルカにPOPsが高濃度で蓄積されている。

海で有害化学物質がマイクロプラスチックに付着し、そのマイクロプラスチックをプランクトンが食べ、魚介類がそのプランクトンを餌にする。このように食物連鎖で魚介類にマイクロプラスチックが取り込まれている可能性が指摘されている。有害化学物質を吸着させたマイクロプラスチックをムール貝に曝露させた実験で、それが鰓や消化腺に取り込まれていることが確かめられている。マイクロプラスチックと有害化学物質を付着したマイクロプラスチックが、海洋生物の遺伝子レベルでどういう影響を与えているかについても、ムール貝や魚を使った実験で調べられている。

魚介類にマイクロプラスチックが入っていたら、人間が取り込んでいく可能性は高い。人間は、生きるために、食べるだけでなく、水も飲み、呼吸もする。人間の便からマイクロプラスチックが検出されたという研究がある。さらに、二〇一九年六月に発表されたカナダのビクトリア大学などの研究によると、マイクロプラスチックの摂取量は、呼吸からが最も多く、魚介類とペットボトル水が続くとされている。世界保健機関(WHO)は同年八月、飲料水に含まれているマイクロプラスチックが現状の水準ならば健康リスクにならないと発表した。プラスチック汚染のリスクを抑える必要があると付言することも忘れなかった。

人間の体内に「侵入」しているマイクロプラスチックがどのような影響を与えているのかは、科学的にわかっていない。人体への影響を調べるために人間の試験はできない。動物実験は先進国を中心に社会的に厳しい目が向けられている。このため、少なくとも人間への害の可能性がはっきりしない段階で、動物を安易に利用できない。一九九〇年になるが、ロンドン大学などの研究者らは、ラットにマイクロプラスチックより小さなナノサイズの粒子(ナノ

プラスチック)を曝露させる実験を行い、小腸などの消化管から吸収されたナノプラスチックが、リンパ系を通して全身に循環する可能性がある」と指摘した。

東京大学の酒井康行教授らは、人間の結腸がん由来の細胞などを培養して作製した臓器細胞を使い、人体へのプラスチックの影響を調べている。マイクロサイズからナノサイズのプラスチック製ビーズの大きさの違う三種類を高濃度で小腸モデルの細胞に曝露させたところ、いずれのビーズも細胞を透過した。

酒井教授は、小腸の細胞はリンパ系まで微小なビーズを取り込む可能性が考えられるという。今後、小腸モデル細胞だけでなく肝臓モデル細胞を使った実験を重ねるなどして、プラスチックがどの経路を通して人体に入り、どのような影響を及ぼすかを解明したいとしている。

研究には時間がかかる。研究成果から人体に悪影響があるという科学的な証拠が揃うまで、プラスチック汚染に手をこまねいていいのだろうか。人間や生物に重大な影響を与えることが確定した段階で対策をとっても、手遅れになってしまおうと危惧する科学者は少なくない。プラスチック汚染防止策について

て、注目すべき研究論文二つが、二〇二〇年九月一八日の科学誌「サイエンス」に掲載された。

一つはアメリカの非政府組織（N GO）に所属する研究者らが、二〇一六年から二〇四〇年までのプラスチック汚染について五つのシナリオに分けて検討した。その一つ、何も手を打たない場合では、海へのプラスチック流出量は、二〇四〇年に二〇一六年の二・六倍、ごみ処理場など陸に残るプラスチック量は二・八倍になると推計した。

プラスチックごみの削減や再利用などのさまざまな対策を組み合わせた、四つのシナリオを検討した結果、削減や再利用、回収、廃棄といった対応策を総合的に取り入れた場合がもっとも汚染防止に効果があるとした。何も手を打たない場合より、プラスチックごみが、海と陸を合わせて七八%減るが、二〇一六年と比べ四〇%減にとどまるという。このシナリオは、プラスチックの使用から廃棄まで、社会システムの大きな変革を必要とし、ハードルはかなり高い。ただ、プラスチックの生産量は大幅に減り、リサイクルによる再資源化も進むとみられる。

二つ目は、カナダ・トロント大学の研究者らが二〇一六年から二〇三

〇年までの海洋プラスチック流出量を三つのシナリオに分けて予測した。何も手を打たないというシナリオでは、二〇三〇年に九〇〇〇万トに達する可能性があるとする。プラスチックの消費量を国の所得水準に合わせて、高所得国でマイナス一〇%、中所得国でマイナス五%などとする対策をとった場合、最大で五三三〇万トとなる。さらに、プラスチック消費量を高所得国でマイナス四〇%、中所得国でマイナス三五%、低所得国でマイナス二五%などとする、より厳しい対策をとった場合、最大で一二〇〇万トになると推計した。研究者らは、プラスチック流出量を大きく削減するには、迅速な社会改革が必要と指摘している。

この二つの研究から、海洋プラスチック汚染防止は待ったなしの問題であることがわかる。ほかの多くの研究も示すように、汚染を抑えるにはまずはプラスチック使用量を減らすことが必要だ。

プラスチック削減の取り組みは市民レベルでさまざまな形で行われている。たとえば、京都大学の浅利美鈴・准教授の研究室に所属する学生らと企業の社員らのグループは、数多く利用・廃棄されているペットボトルを削減するため、京都大学キャン

パスヤリコーの事業所でマイボトル普及に向けた実証実験を始めている。京都大学の学生らは、キャンパスで行ったアンケートの結果から、マイボトルを普及させることがペットボトル削減の有力な手段となるとして、マイボトル利用推進の実証実験を行うことにした。ただ、コロナ禍で計画は遅れ、京都大学キャンパスでは二〇二一年一月からウォーターサーバーを設置することになった。静岡県のリコー御殿場事業所では、二〇二〇年一〇月にウォーターサーバー（使用量がわかる水量計付き）五台を置き、利用が始まっている（写真1・2）。



写真-2 リコー御殿場事業所に設置されたウォーターサーバー（リコーの濱野敏寛氏提供）

パルスでも減らそうと考えると生活していけばプラスチックはかなり減らせるだろう。

ただ、従来の行動を変える「行動変容」を促すことは、新型コロナウイルス対策で求められた「ニューノーマル」への行動転換で示されたように、簡単ではない。二〇一九年五月に公表された、オーストラリア人の意識調査によると、回答者の八割が、プラスチックの使用を減らす意欲は持っていたが、その多くが実際に削減するための行動をとっていないかった。

マイボトル利用のほかに市民レベルで無理なくできることはある。できるだけアルミ缶の飲み物を選ぶ。プラスチック製のフォークやナイフ、スプーンといったカトラリーは使わないようにし、「マイカトラリー」を持参する。食品をラップで包まず、ガラス容器に保存する。タイヤからの摩擦片を減らすため、自家用車をできるだけ使わず、代わりに公共交通機関を利用する。これ以外にも、プラスチック製のボールペンを使わず、万年筆や鉛筆を使うな

行動変容が難しいなら、行動変容と並行し、技術革新に期待するという考えもある。たとえば、プラスチックが自然界で分解すれば汚染は抑制できる。このようなプラスチックは「生分解性プラスチック」と称され、

適正管理が不十分な発展途上国 国際協力でインフラ整備後押し

国内外で研究開発が進んでいる。すでに商品化された製品もあるが、高温・多湿のコンポスト装置を使わないと分解しないなどの課題が少なくない。弱点を解消する研究開発が進んでいるが、国連開発計画（UNEP）は、「生分解性プラスチックと海洋ごみ」という報告書（二〇一五年）で、「生分解」とされているプラスチックは海ではすぐには分解せず、マイクロプラスチックを生み出し、環境に好ましくない影響を与えるとの厳しい評価を下している。また、一般の人は「生分解性」というラベルがあるとポイ捨てする可能性が高まるとの懸念を示している。プラスチックを製造・販売する企業にとっては、生分解性プラスチックなどの代替品の開発に多額の費用がかかる上、リサイクルの回収、分別、再利用、再生利用といった複雑な工程にもコストが必要となる。企業にとっては、プラスチック削減は負担が大きいわりにメリットは少ない。国や地方自治体は、社会システムを変革する一環として、代替品開

発やリサイクルを支援するための補助金や法人税の軽減措置などのインセンティブを企業に与える政策を検討すべきだろう。

大きな視座でみると、欧米や日本などの先進国は、プラスチックなどのごみの大部分が適正に管理されているが、発展途上国では、廃棄物管理のインフラ（社会基盤）整備が不十分で、適正に管理されていない廃棄物が少なくない。このように、先進国と発展途上国ではプラスチックごみ問題をめぐる状況は異なる。当然、プラスチックごみへの対応の仕方も違ってくる。先進国ではプラスチックごみの削減が優先だろうし、発展途上国ではごみ処理場などのインフラ整備が急がれる。

大きな汚染源となっている発展途上国が、ごみを適正管理できない限り、汚染は十分に抑制できない。財政が厳しく、技術力も乏しい国が多い発展途上国におけるインフラ整備などは、国際的な取り組みで行う必要がある。海洋プラスチックごみ汚染防止には、地球温暖化などの地

球規模の環境問題と同じように、二つの枠組みが考えられる。国家間の合意で法的拘束力を持つ条約と、条約によらない国際協力の枠組みだ。

海洋ごみやプラスチックごみに関する条約には、国連海洋法条約（一九八二年）とロンドン条約議定書（一九九六年）、バーゼル条約（一九八九年）がある（表1-2）。国連海洋法条約は、海洋環境保護についての一般的義務を定めているが、プラスチックごみの規制はない。ロンドン条約議定書はプラスチックごみを規制対象とする。しかし、海への故意のごみ投棄を規制しているが、陸から海へのごみの流れ込みの規制はない。バーゼル条約は、「汚れたプラスチックごみ」の輸出入を規制しているが、プラスチックごみの環境中の排出は規制していない。法的拘束力をもってプラスチックごみ汚染を抑えることは現状ではできない

表1-2 プラスチックごみに関わる条約

条 約	規 制 内 容
国連海洋法条約	規制規定なし
ロンドン条約議定書	プラスチックごみの意図的投機
バーゼル条約	「汚れたプラスチックごみ」の輸出入

い。国際協力という側面で見ると、UNEPによる枠組みがある。UNEP傘下の国連環境総会（UNEA4）は二〇一九年三月、海洋プラスチックごみに関して、科学的・技術的知見の各国の協力・連携の強化をUNEPに求めた。G20大阪サミット（二〇一九年六月）でも、海洋プラスチックごみやマイクロプラスチックについて、二〇五〇年までに追加的な汚染をゼロにすることを目指すとした。ただ、いずれも具体的な対策は決まっていない。

海洋プラスチックの研究はまだ途上にある。また、プラスチックごみ抑制の対策は十分とは言えない。しかし、増え続ける海洋プラスチックごみを抑制するには、日本などの先進国で、基礎的な研究を積み重ねていくことはもちろん、プラスチックの削減、再利用、再生利用などを進めることが不可欠だ。それと同時に、国際的な枠組みを確立し、先進国と発展途上国が海洋プラスチック汚染について十分話し合い、先進国が財政的、技術的な支援などを行い、発展途上国のごみ処理場などのインフラ整備を後押ししていく必要がある。地球は、私だけのものではない。未来の世代のものでもある。