



環境と健康の深い関係

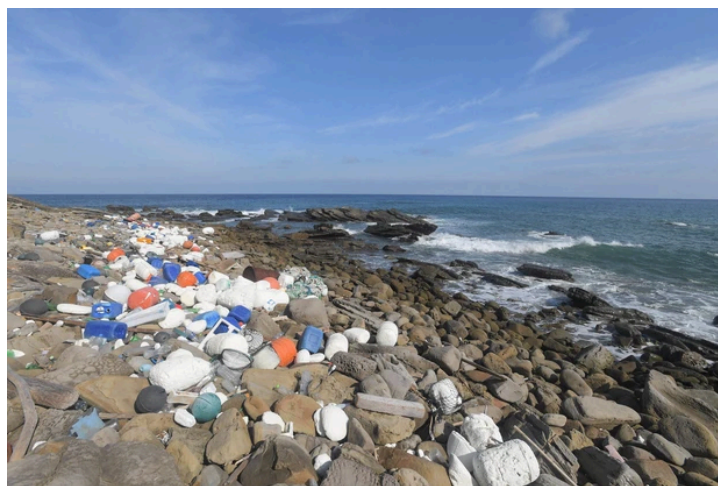
+フォロー

世界中を汚染する「マイクロプラスチック」 北極圏にも胎児にも

遠山千春・東京大学名誉教授（環境保健医学）

2022年10月16日

メモを追加する



プラスチック容器や発泡スチロールが交ざった漂着ごみ。一部の素材は時間とともに細かく砕け、完全回収はより難しくなる＝長崎県対馬市で2019年8月10日、津村豊和撮影

現代社会でプラスチックは、包装・容器、電気・電子機器、輸送、建材、衣類、医療などさまざまな用途に用いられ、生活に欠かせないものです。一方で、プラスチック廃棄物による環境汚染が、地球の至るところに広がっています。製品の形を残しているプラスチック廃棄物だけでなく、プラスチックが環境中で紫外線により摩耗し断片化したものが、新たな汚染源として注目されています。細かくなって、数mm程度になったり目に見えない大きさになったりしたプラスチックは「マイクロプラスチック」(MP)と呼ばれます。MPは大気に拡散し、海洋を広く深く汚染し、とりわけ海洋に生息する生物に蓄積していることが報告されています。そしてMPは、環

境と飲食物を介してヒトの体内に吸収され、血液で運ばれてさまざまな臓器にたまり、さらに胎盤を通過して胎児に移行していることも明らかになっています。

今のところ、人体内のMPの量は、まださほど多くはないとみられています。そして、MPによって人間にどんな健康影響が出るのかは、はっきり分かっていません。農業開始から1万2000年ほどの人類の歴史に比べても、MPが体内に入るようになったのはごく最近のことです。そして体内に入る量は、今後のプラスチックの使用量増加とともに増えていくとみられます。ですから今後の影響を心配する声は多く、MPによる汚染状況などについて、世界で活発に研究が進められています。この記事では、最近分かってきた汚染の現状や、健康影響研究の現状を、2回に分けて紹介します。1回目の今回は、主に汚染状況について説明します。

身のまわりにあふれるプラスチック製品

プラスチックは「可塑性」、つまり自由な形に成形できる性質を持つ、合成樹脂の総称です。世界で最初のプラスチックは、19世紀半ばに天然素材セルロースをもとに化学合成により作られたセルロイドです。1907年には合成化学物質を原料としたプラスチック「ベークライト」が作られ、電気器具の部品などに使われるようになりました。今日使用されているプラスチックは十数種類あり、その大部分は1960年までに発明されて製品化されました。生産量の多いものから順に、名称と用途を挙げると、ポリエチレン（略称PE、用途は保存容器、コンテナ、白いポリ袋、透明ポリ袋、気泡緩衝材、ラップなど）、ポリプロピレン（PP、医療器具、漁網、自動車部品など）、ナイロン、ポリエステル、アクリル（衣類など）、ポリ塩化ビニル（PVC、建築用・農業用・医療用器材、自動車・家電部品、食品包装材、文房具・雑貨など）、ポリエチレンテレフタレート（PET、ペットボトルなど）、ポリスチレン（PS、食品トレー、発泡スチロール箱など）です。

世界全体でみたプラスチックの生産量は1950年ごろの年200万トンから、75年は4600万トン、2015年は3.8億トンへと急速に増加しました。同年までにプラスチックの累積生産量は78億トンを超えています（図1）。これは地

球人口1人当たり、1トンを超えるプラスチックが生産されたことに相当します。

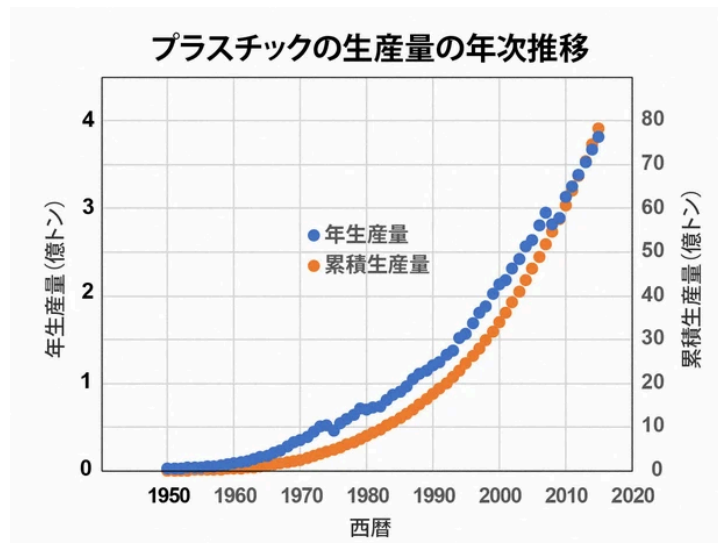


図1.世界全体のプラスチック生産量の年次推移。年間の生産量は左目盛り、累積生産量は右目盛りで表している。出典:Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Science Advances. 元データをもとに筆者が作成した。

それに伴ってプラスチック廃棄物も、70年以降に急激に増えています（図2）。75年に累積で5000万トンだった同廃棄物の「第一次発生量」（使用後に初めて、ごみとして扱われたプラスチックの量）は、2015年には累積60億トンを超えました。その大部分は埋め立てなどのために投棄され、リサイクルされた量は9%と推定されています。

将来予測によると、50年までには、第一次発生量が累積250億トンを超えます。このうち、リサイクルされた量は90億トンに増加するものの、120億トンが埋め立てなどの目的で投棄され、また、120億トンが焼却処分されて、地球環境への負荷が生じると推定されています。なお「リサイクルされた量」の累積90億トンには「リサイクルされた後、投棄されたもの」や、「リサイクルされた後、焼却されたもの」が含まれます。このため、リサイクルされた量、投棄量、焼却量の合計は、第一次発生量とは一致しません。

図2. 世界全体でみたプラスチック廃棄物の第一次発生量と投棄量、焼却量、リサイクルされた量（数値はいずれも累積）の年次推移。出典:Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Science Advances. 1950年から2015年までは実際のデータに基づく推計値、15年から50年までは予測値。原図をもとに筆者が作成した。

環境の汚染と食品の汚染

プラスチック廃棄物の環境影響はまず、鳥やウミガメなどが、ペットボトルの破片やレジ袋などを食べ物と一緒にのみ込む、あるいは漁網や釣り糸に絡まって動けなくなる、という形で明らかになりました。これは視覚的に分かりやすい被害です。

これに加えて今日では、プラスチック廃棄物が、紫外線により劣化して断片化したものや、使用中に物理的に摩耗して細かな破片へと粉砕されたものなど、目に見えない大きさの細かなプラスチックによる汚染が加わり、問題視されるようになりました。

この問題は2004年に、イギリス・プリマス大のリチャード・トンプソン教授らの研究グループにより、米科学誌「サイエンス」で報告されました。このグループは「ミクロな（微視的な）プラスチックが海浜・河口域・干潟を汚染している」「過去に採取して保存してあったプランクトンを分析した結果、1960年以降に汚染レベルが上昇している」と報告しました。グループが分析で見つけたプラスチックは、多くは繊維状で、直径は平均すると10万分の2mmほどでした。この報告が「マイクロプラスチック」(MP)という用語が使われた最初の論文とあってよいでしょう。

そして14年以降、MPについての調査研究が急激に増えています (図3)。

図3. マイクロプラスチックとナノプラスチックに関して、1年間に発表された学術論文数の年次推移。microplastics (マイクロプラスチック) またはnanoplastics (ナノプラスチック) という言葉を含み、2005年から21年までに発表された論文を、米国立医学図書館の生命科学に関する文献検索システム「PubMed」で、筆者が調べた結果。

雨や雪、大気中の粉じん混じるMP

MPは当初、一片の長さが5mmよりも小さなものと定義されました。その際に下限値はあいまいなままでした。その後環境中にさらに微細なプラスチック破片が発見され、「ナノプラスチック」(NP) と名づけられました。まだ国際的に統一された定義はありませんので、便宜上、MPは5mm未満で

1万分の1mm以上のもの、NPは1万分の1mm未満で100万分の1mm以上のもの、とみなしておきます。なお、大きさ5mm以上のプラスチックを「マクロプラスチック」といいます。これとMP、NPの大きさの関係については図4に示します。そして多くの調査によって、MPやNPによる汚染が、地球上の海域と淡水域の生態系と大気環境に広がっていることが分かってきました。

図4.マクロプラスチック、マイクロプラスチック、ナノプラスチックの大きさと、他の微粒子などの大きさを示す図。 μm （マイクロメートル）は100万分の1m(1000分の1mm)、nm(ナノメートル)は10億分の1m(100万分の1mm)を意味する。なお「PM2.5」は、大気中に浮遊する大きさ $2.5\mu\text{m}$ 以下の微粒子のこと。また「銀ナノ粒子」は金属の銀を大きさ1~100nmの粒子状にしたもので、抗菌作用を有する。医薬品や化粧品、印刷用インクなどに使われている。

雨や雪、大気中に漂う細かなちりやほこりなどを、さまざまな研究者が世界各地で分析した結果、東京、仏パリ、英ロンドンなどの大都市でも、スイスのアルプス山脈や北極圏など人があまり住まない地域でも、マイクロプラスチックが検出されました。たとえば東京・新宿では、大河内博・早稲田大教授らのグループが大気を分析し、大きさ1000分の数mmというMPを、大気1立方mあたり5個程度見つけています。またロンドンでは、検出されたMPの92%がアクリル、ナイロン、PETからなる繊維状のものでした。これは、もともとは衣服の一部だったと推定されています。

東京都内のビル群。手前は東京都庁舎。マイクロプラスチックは東京都新宿区の大気からも検出されている = 東京都新宿区で2021年6月24日午前10時48分、本社へりから

欧州委員会の共同研究センターの研究グループは、2010年以降に出版されたMPやNPに関する数千の論文のうち、食品汚染に関する200編の論文を精査しました。そして全体状況を解説する論文を、19年に発表しました。

それによると、海洋生物（ムール貝、アサリなどの二枚貝、エビ・カニなどの甲殻類、魚類、イルカやアザラシなどの哺乳類）を中心に、人間の食料になり得る201の動物種の消化管内容物や内臓から、MPやNPが検出されていました。また、ハチミツと砂糖、食塩、ビール、ペットボトルの水か

らも検出されていきました。ただし、著者らも述べているように、それまでに発表されたデータについては、「MPやNPの分析方法が標準化（統一）されておらず、実験室によって分析方法が違う」「分析の基準となる『標準物質』がない」「MPやNPの濃度表示が論文ごとに異なり、不統一で比較できない」などの解決すべき問題が残されており、汚染の状況を数値化して比較検討することは困難です。

海面近くを浮遊するマイクロプラスチックの量を調べるため、太平洋上を航行する船上から試料を網で採取する研究者たち＝2016年撮影（磯辺篤彦・九州大教授提供）

口や肺から入り、血流に乗って全身へ

MPやNPが体内に入る主な経路は、飲食物とともに消化管に入る経路と、呼吸を介して肺に入る経路です。ほかに、細かい粒が入った洗顔料（スクラブ）など、NPが添加されている化粧品を塗ることで、皮膚から吸収される場合もあります。

MPが口から体内に入ることは、糞便（ふんべん）を調べることで実証されました。オーストリアの研究グループは、日本をはじめ8カ国に住む男女、計8人の糞便を分析し、19年に結果を発表しました。すべての試料から、PP、PET、PSなど9種のMP（1000分の50mmから同500mm）が検出されました。

また、中国の研究グループは北京在住の学生24人の糞便を調べ、21年に結果を発表しました。ほぼ全員の試料から、PPとPETなど8種のMP（1000分の20mmから同800mm）を検出しています。

口から入ったMPは「体内を素通りし、糞便に混じって排せつされるのではないか」。当初はこうした推測もありました。これが正しければ、健康に与える影響はないとみなしてよいでしょう。

しかしそうではなく、一部は消化管から吸収されて血液に混じり、体内を循環していることを、今年オランダの研究グループが示しました。このグ

ループは、健康な成人志願者22人の血液中から、各種のMP（PE、PS、PP、PETなど）を検出したのです。「分析方法の関係上、直径が1万分の7mmから約0.5mmまでのMPのみが分析対象となっている」「分析方法の再現性や精度が十分ではない」など検討すべき点がありますが、この論文の重要な点は、血液中にMPが存在するのを実証したことです。飲食物や大気に混じったMPが、消化管や肺を通して血液中に入り、さまざまな臓器に移行する可能性が明らかになりました。

母体から胎児へ移行

体内でのMPの挙動についてのもう一つの重要な発見は胎盤への移行です。

イタリア・ローマの研究グループは、経膣分娩（けいちつぶんべん）をした健康な女性6人の胎盤組織を分析し、MP（1000分の5mmから同10mm）を検出しました。21年に発表された論文によると、このグループは胎盤を、母親の体に近い側から胎児に近い側まで三つの部分に分割して分析し、どの部分からもMPを見つけました。なお、どの種類のMPかを分析するのは難しく、試料の一つから出たMPを、PPだと確認できたただけでした。この研究は、MPが胎盤を通過して胎児に移行しうることを実証したことになります。

ところで、微細なプラスチック断片が胎盤を通り抜けて胎児に移行することは、MPとNPが社会的関心を引く前の2010年に、スイスの研究グループが報告していました。これは、ナノ粒子（100万分の1mmから100万分の100mm）を医療や化粧品などに用いる技術「ナノテクノロジー」の安全性についての研究報告でした。このグループは、出産の際に体外に排出された胎盤を提供してもらって研究しました。提供された胎盤に、NPを含む液体を注入し、粒子が胎盤を通過するかどうかを調べました。PSの粒子を使い、サイズを4通り（100万分の50mm、同80mm、同240mm、同500mm）

に変えて実験した結果、100万分の240nmまでの粒子は、通過して胎児に移行するが、それより大きい粒子は移行しにくい、という結果になりました。

また米国のグループは、20年に呼吸を介した微粒子の影響について論文を発表しました。妊娠中のラットに、PSの粒子（サイズは100万分の20nm）を気道から注入したところ、24時間後にPSは、母ラットの主要な臓器だけではなく、胎盤、ならびに胎児のさまざまな臓器からも検出されました。胎児を異物から守るために、母体と胎児の間には「胎盤関門」という、異物を排除する仕組みがありますが、MPやNPはこの関門を突破して胎児まで移行する可能性が示されたこととなります。

以上、MPやNPが世界中に大きく広がっており、私たちの身近な環境や飲食物や、さらには人体の中にもある、と説明してきました。では、このMPやNPは、私たち人間や野生動物の健康にどんな影響を与えているのでしょうか。これについては、研究情報が不足しているのですが、それでも分かってきたこと、懸念されていることがあります。次回はそれを説明したいと思います。

特記のない写真はGetty <[医療プレミア・トップページはこちら](#)>



遠山千春

+フォロー

東京大学名誉教授（環境保健医学）

とおやま・ちはる 1950年、東京都出身。東京大学医学部保健学科卒、ロチェスター大学大学院修了。医学博士、Ph.D。国立公害研究所（現・国立環境研究所）領域長、東京大学医学系研究科疾患生命工学センター教授を経て、2015年4月より「健康環境科学技術 国際コンサルティング（HESTIC）」主幹。中国医科大学客員教授。世界保健機関、内閣府食品安全委員会、環境省などの専門委員、日本衛生学会理事長、日本毒性学会理事、日本医学会連合理事などを歴任。

毎日新聞のニュースサイトに掲載の記事・写真・図表など無断転載を禁止します。著作権は毎日新聞社またはその情報提供者に属します。

画像データは（株）フォーカスシステムズの電子透かし「acuagraphy」により著作権情報を確認できるようになっています。

Copyright THE MAINICHI NEWSPAPERS. All rights reserved.