



# マイクロプラスチックと ナノプラスチック： 地球規模の問題としての考察



## 著者

Tarun Anumol, Ph.D.  
Director, Global Environment Market,  
Agilent Technologies, Inc.

「マイクロプラスチックは至る所にありますが、その程度や健康への影響については、まだよくわかっていないのが現状です。それを解き明かすうえで、きわめて重要になるステップが、研究者や科学者がこれらの疑問点の究明にそのまま活用できる、信頼性、堅牢性、感度に優れた分析技法を開発することです。」

## プラスチック問題

現代社会はプラスチックに依存しています。プラスチックは、私たちの日常生活のほぼすべての場面に浸透しており、包装、衣類、運転する自動車から歯ブラシまで、あらゆるものに使用されています。生産されるプラスチックは膨大な量に上りますが、その大部分が生物分解性のない物質として残存し、プラスチックの種類によっては分解までに最長 400 年かかると見積もられています。ところが、この物質に対する私たちの依存度は高まる一方です。例えば、プラスチックの世界生産量は、1950 年の 230 万トンから 2015 年には 4 億 4,800 万トンに増加しており、この数値は 2050 年までに倍増すると予測されています<sup>1</sup>。

**マイクロプラスチック**は、このような世界的なプラスチックの消費の結果であり、プラスチック汚染の原因となっています。マイクロプラスチックとは、1  $\mu\text{m}$  ~ 5 mm の微小なプラスチック片を指し<sup>2</sup>、ゴマ種子ほどの大きさです<sup>3</sup>。

これらの微小なプラスチック粒子は、陸地、水中、空中や、最終的には私たちの体内にまで、環境の至る所に広がる可能性があります<sup>4</sup>。最新の研究では、マイクロプラスチックがさらに小さなナノスケールの粒子にまで微細化すると考えられています<sup>5</sup>。このような粒子は「**ナノプラスチック**」と呼ばれ、大きさは 1 ~ 1000 nm です<sup>6</sup>。

目に見えないプラスチック汚染に対する懸念は世界的に高まっており、政府機関や学術機関の強い関心を集めています。マイクロプラスチックおよびナノプラスチックの影響をより深く理解しようという流れに至っている背景には、プラスチック汚染が健康や環境におよぼす影響についての専門知識が欠如しているという点があります。さらに、ナノプラスチックが招く結果についてはほとんど知られていないにも関わらず、その小ささ、およびナノスケールであるが故に生態系のさらに広い領域へと侵入し得ることが、その存在が深刻化する可能性を示唆しています<sup>7</sup>。

## マイクロプラスチックおよびナノプラスチックの ごく一般的な発生源には以下のものがあります。



### プラスチック汚染

陸地や海に投棄された大きなプラスチックは、最終的には砕かれて小さなマイクロプラスチックやナノプラスチックになります。



### パーソナルケア製品

スクラブ剤や歯磨き粉など多くの化粧品には、角質除去効果や洗浄品質を高めるためにマイクロビーズが意図的に添加されています。米国、カナダ、ニュージーランド、韓国、および一部の欧州連合加盟国をはじめとする各国は、マイクロビーズ含有製品の製造を禁止しています<sup>9</sup>。



### タイヤの摩耗

路面との摩損によって生じるタイヤ粉塵にはプラスチック微粒子が含まれており、これらの粒子は大気へと広がります。



### 衣類

大半の衣類はマイクロファイバを放出します。「ファストファッション」産業の影響を受け、マイクロファイバの生産量は増加しています。



### プラスチックペレット

プラスチックペレットは多くのプラスチックの一次形態であり、より大きなプラスチック製品へと成形されます。輸送および製造中のペレットの損失は、これらの粒子の環境への放出につながります。



### 路面標識

路面標識には溶解プラスチックが含まれ、風雨にさらされると、小さなプラスチック汚染粒子が環境に放出されます。

## 詳しく見ると…

認識しておくべきプラスチック粒子汚染には、以下の**2つのカテゴリ**があります。

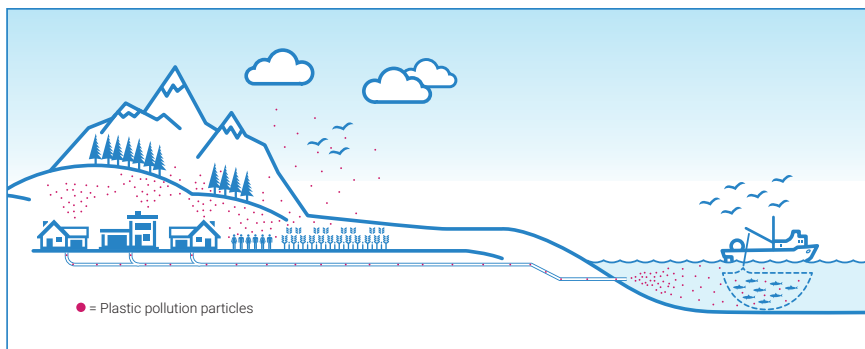
- **一次マイクロプラスチック/ナノプラスチック**：製品（シャワージェル、歯磨き粉など）に用いるために意図的に製造された微小なプラスチック片
- **二次マイクロプラスチック/ナノプラスチック**：大きなプラスチックの劣化により生じる小さなプラスチック（塗料、走行によるタイヤの摩耗、織物）<sup>8</sup>

マイクロプラスチック/ナノプラスチックの**一般的形態**：

- **繊維**：ポリエステルなど、合成繊維に由来するプラスチック粒子
- **マイクロビーズ**：化粧品やパーソナルケア製品に添加するために製造された小さな球状プラスチック
- **破片**：大きなプラスチック片が壊れてできた極小のプラスチック片。これは時間の経過とともにさらに小さくなっていく
- **プラスチックペレット**：より大きなプラスチック製品を形成するために溶解して使われるプラスチック粒子

## 地球規模のプラスチック汚染問題の深刻度

人間は日常生活をプラスチックに依存しており、プラスチック生産量は指数関数的に増加し続けています。代わりとなる素材はプラスチックほど安価でも入手しやすくもないため、プラスチックの使用からの完全な脱却は、現時点では現実的ではありません。その結果、今後、プラスチック粒子汚染がさらに進み、範囲を広げて生態系のあらゆる領域にまで達するでしょう。



### 水中汚染

この分野でこれまで行われてきた研究の多くが、水中のプラスチック汚染粒子の存在と、それによる水生生物への影響を中心としたものでした。風雨によって運ばれるプラスチックくず、海洋への不法廃棄物投棄、トイレに流されるプラスチック入り製品はどれも、日々プラスチックがどうやって大規模および小規模な水域に行き着くのかを示す例です<sup>10</sup>。これらのプラスチックは、その過程で必ず削れたり壊れたりしてさまざまなプラスチック粒子形態になりますが、その後、環境や体内に入り込む可能性があります。

これらの粒子の性質とサイズが意味するところは、粒子が水道システムに含まれていても、水処理施設で必ずしも検出できるわけではないということです。例えば、洗濯機で衣類を1枚洗うと、最大700,000個のマイクロファイバが剥がれ落ちて排水システムに入ります。これらのマイクロファイバの多くは湖、河川に入り、最終的には海洋にまでたどり着き、何百年の間、そこにとどまる可能性があります。

海洋のプラスチック粒子汚染がどの程度深刻かという点、海洋のプラスチック汚染の30%がマイクロプラスチック由来である可能性があることと推定されています<sup>11</sup>。これに加え、太陽から海中プラスチック廃棄物へのUV照射によってナノサイズの粒子が生成されることがわかっており、それがこの重大問題に拍車をかけています<sup>12</sup>。

### 大気による汚染

大気中に浮遊するマイクロプラスチック粒子は「大気中の」マイクロプラスチックと呼ばれます。その性質とサイズから、粒子は大気を介して遠くまで容易に移動できるため、大都市だけでなく、ピレネー山脈のフランス側など離れた地域でも検出されています<sup>13</sup>。雪からは、大気から落下して付着したプラスチック粒子を検出できます。雪のサンプルから検出されるマイクロプラスチック汚染は高濃度化が進んでおり、1リットルあたり約24,600個のマイクロプラ

### プラスチック汚染がおよぼす脅威

進行中の研究では、以下のようなプラスチック粒子汚染の悪影響が指摘されています。

- プラスチックが海洋に広がり続けることで、水生動物のマイクロプラスチックへの曝露は増加します。マイクロプラスチックが水生生物の消化器系を阻害し、これにより水生生物の食欲が減退し、成長率や繁殖率が抑制されることが、研究で示されています<sup>18, 19</sup>。これらのプラスチック片に吸着した潜在的に有害な化学物質が消化器系に放出され、これらの生物を重い病気にしたり、場合によっては死にいたらしめたりする可能性があります<sup>19</sup>。
- プラスチック汚染粒子は小さいため、動物プランクトンのような過摂食生物により消費され、早い段階で食物連鎖に取り込まれる可能性があります。このことは、近年マイクロプラスチックが食卓塩、ムラサキガイ、魚、ビール、ボトル飲料水、および水道水で検出されたことにより裏付けられます<sup>12</sup>。
- 150  $\mu\text{m}$  より大きいマイクロプラスチック粒子は比較的容易に体内を通過しますが、ナノ粒子が引き起こし得る被害については完全にはわかっていません<sup>20</sup>。これらの粒子が細胞膜や器官を貫通できるのであれば、健康にどんな影響があるのかを解明する必要があります。
- プラスチックは有害化学物質の担体となるため、意図せず体内に取り込まれたマイクロ粒子やナノ粒子が将来的に健康上の欠陥につながる可能性があることが懸念されています。



プラスチック粒子が欧州各地で検出されています<sup>14</sup>。

## 体内汚染

これらのプラスチック粒子が広範囲に広がっていることを踏まえれば、体内で検出されるのも当然でしょう。人間が摂取しているマイクロプラスチック粒子は年間 39,000 ～ 52,000 個にのぼる可能性があることが、近年の研究で明らかになっています<sup>15</sup>。これらの汚染粒子は、粉塵や空気運ばれるプラスチック粒子の摂取、プラスチックで加工または包装された食品の消費、マイクロ粒子やナノ粒子で汚染された水の飲用など、さまざまなルートで人間の体内に取り込まれます<sup>16</sup>。

プラスチックが環境の至る所に存在しているにもかかわらず、生態系に広がるマイクロプラスチックやナノプラスチックの試験に現在も使用されている一部の手法は、一貫性に欠け、信頼性も高くありません。これらの微小なプラスチック粒子についての理解を深めるなら、顕微鏡下の目視計数など一般的で間違えやすいプロセスから脱却し、測定法を成熟させる必要があります。従来の手法の代わりに、強力な QA/QC 手順やラボ間技能試験手順を採用するなど分析アプローチを組み込めば、この分野における研究を発展させることができるでしょう<sup>17</sup>。

## 研究を呼びかけ、さらなる理解へ

海洋生物および鳥類についてマイクロプラスチックと健康への悪影響を対比した研究はいくつかありますが、人間の健康に対するその潜在的な毒性はまだ調査段階にとどまっています。これらのプラスチック粒子が人間の健康におよぼす影響を理解することが急務です。

世界保健機構（WHO）は、マイクロプラスチックおよびプラスチック汚染に関する同機関の最新レポートで、マイクロプラスチックとナノプラスチックの真の影響を解明すべく、さらなる研究を呼びかけています。これらの粒子が私たちの健康におよぼす真のリスクを評価するには、現在あるデータでは不十分であり、「多くのリサーチギャップを埋めなければならない」と、WHO は提唱しています<sup>21</sup>。

理解を深めるためには、マイクロプラスチックとナノプラスチックを検出し、同定し、定量するための標準化された科学的手法を開発する必要があります。それによってこの分野の知識を積み上げることができれば、プラスチックの使用や廃棄に関する世界共通の規制の実施など、プラスチック粒子汚染への対処に向けて具体的な活動に着手することができます。



## マイクロプラスチックに挑む新時代の科学的革新

アジレントは、マイクロプラスチックおよびナノプラスチックの研究を優先事項として捉え、プラスチック粒子汚染に対抗する有効な措置を講じるために必要な知識を身に付けることのできるツールの開発に取り組んでいます。

アジレントでは、このような分析や検出に役立つ、以下のような幅広いツールを提供しています。



### Cary 630 FTIR

ダイヤモンド減衰全反射 (ATR) モジュールを装着した Agilent Cary 630 FTIR 分光光度計は、大きなマイクロプラスチック粒子の分析に最適なツールです。幅広い FTIR スペクトルライブラリを利用すれば、粒子の科学的特性を確認することもできます。定評ある堅牢な光学系を備え、卓越した性能と再現性を実現します。



### LDIR

LDIR は受賞実績のあるラボ用機器であり、粒子サイズ、表面積、粒子数、およびその他の表面特性など、包括的な粒子の特性解析を行います。粒子分析においては、FTIR よりはるかに高速で、広い領域のイメージングが可能です。このモデルは、ハンドヘルド FTIR の利点に加え、10 ~ 20  $\mu\text{m}$  という最小検出範囲を備えています。



### GC/MS

GC/MS は、環境ラボの主力機器です。市場をリードするアジレントの GC/MS なら、比較的シンプルなサンプル前処理法で、サンプル中にさまざまな濃度で存在する多様なマイクロプラスチックを分析できます。GC/MS メソッドでは、IR 技術によるマイクロプラスチック検出を補完する分析情報が得られます。

## 参考文献

- 1 National Geographic. The World's Plastic Pollution Crisis Explained. Available at: <https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/plastic-pollution/>. Accessed: November 2019.
- 2 Frias, J. P. G. L.; Nash, R. Mar. Pollut. Bull. 2019, 138, 145–147.
- 3 National Ocean Service. What Are Microplastics? Available at: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>. Accessed: November 2019.
- 4 Plastic Oceans. The Facts. Available at: <https://plasticoceans.org/the-facts/>. Accessed: November 2019.
- 5 Gagné, F. J. Xenobiot. 2019, 9(1), 8147.
- 6 Gigault, J et al. Environ. Pollut. 2018, 235, 1030–1034.
- 7 Galloway, T. S. Marine Anthropogenic Litter. 2015, 13, 343–366.
- 8 GESAMP. Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment. Available at: <http://www.gesamp.org/publications/reports-and-studies-no-90>. Accessed: November 2019.
- 9 ChemSafetyPro. Global Ban on Microbeads in Personal Care Products. Available at: [https://www.chemsafetypro.com/Topics/Restriction/Latest\\_Status\\_of\\_Global\\_Ban\\_on\\_Microbeads\\_in\\_Personal\\_Care\\_Products.html](https://www.chemsafetypro.com/Topics/Restriction/Latest_Status_of_Global_Ban_on_Microbeads_in_Personal_Care_Products.html). Accessed: November 2019.
- 10 World Wide Fund for Nature. How Does Plastic End up in the Ocean? Available at: <https://www.wwf.org.uk/updates/how-does-plastic-end-ocean>. Accessed: November 2019.
- 11 Green Peace. What Are Microfibers and Why Are Our Clothes Polluting the Oceans? Available at: <https://www.greenpeace.org/international/story/6956/what-are-microfibers-and-why-are-our-clothes-polluting-the-oceans/>. Accessed: November 2019.
- 12 Ekvall, M. T. et al. Nanoscale Adv. 2019, 1, 1055–1061.
- 13 Allen, S. et al. Nat. Geosci. 2019, 12(5), 339–344.
- 14 The Guardian. Microplastics “Significantly Contaminating the Air”, Scientists Warn. Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/14/microplastics-found-at-profuse-levels-in-snow-from-arctic-to-alps-contamination>. Accessed: November 2019.
- 15 Cox, D.C. et al. Environ. Sci. Technol. 2019, 53, 12, 7068–7074.
- 16 National Geographic. You Eat Thousands of Bits of Plastic Every Year. Available at: <https://www.nationalgeographic.co.uk/environment/2019/06/you-eat-thousands-bits-plastic-every-year>. Accessed: November 2019.
- 17 Hanvey, J. S. et al. Anal. Methods. 2017, 9, 1369–1383.
- 18 Science Daily. Microplastics entering ocean food web through zooplankton, researchers find. Available at: <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/06/150629133813.htm>. Accessed: December 2019.
- 19 National Geographic. We Know Plastic Is Harming Marine Life. What about us? Available at: <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2018/06/plastic-planet-health-pollution-waste-microplastics/>. Accessed: November 2019.
- 20 Get Green Now. The Effects of Microplastics on Human Health. Available at: <https://get-green-now.com/microplastics-health-guide/>. Accessed: November 2019.
- 21 World Health Organization. Microplastics in Drinking-Water. Available at: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>. Accessed: November 2019.

ホームページ

[www.agilent.com/chem/jp](http://www.agilent.com/chem/jp)

カスタムコンタクトセンタ

**0120-477-111**

**email\_japan@agilent.com**

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。  
本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE83430987

アジレント・テクノロジー株式会社  
© Agilent Technologies, Inc. 2023  
Printed in Japan, April 4, 2023  
5994-5843JAJP