

プラスチック汚染とわたしたちの健康

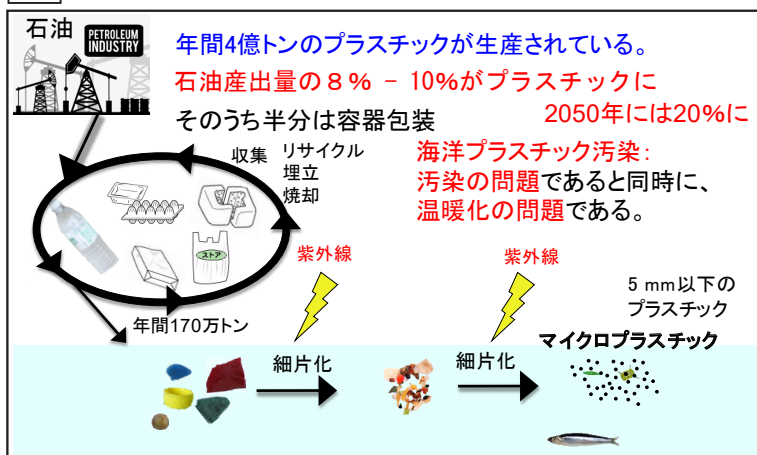
東京農工大学 農学部 名誉教授
高田秀重

プラスチックによる海洋汚染

プラスチックの生産は、1950年代の年間2百万トンから、1960年代以降急増し、現在ではその200倍以上の年間4億トンを超えている。このうち、半分程度が容器包装など使い捨てプラスチックであり、使用後ごみとなって廃棄される。

廃棄されたプラスチックは、収集され、焼却・埋立・リサイクルされるが、廃棄物管理から漏れたものが、環境へ漏出している(図1)。

図1



プラスチックの行方

これらのプラスチックは軽いものが多く、雨が降ると地面や路面から洗い流され、河川、そして海へ流入し、汚染を引き起こしている(写真1)。

写真1



海を漂うプラスチック(ジャカルタ湾、インドネシア)

マイクロプラスチックの生成と海への流入

プラスチックごみは海を浮遊している間や漂着した海岸で紫外線や物理的破砕により劣化し、微細なプラスチック、すなわちマイクロプラスチック(5mm以下のプラスチック)(写真2)となる。

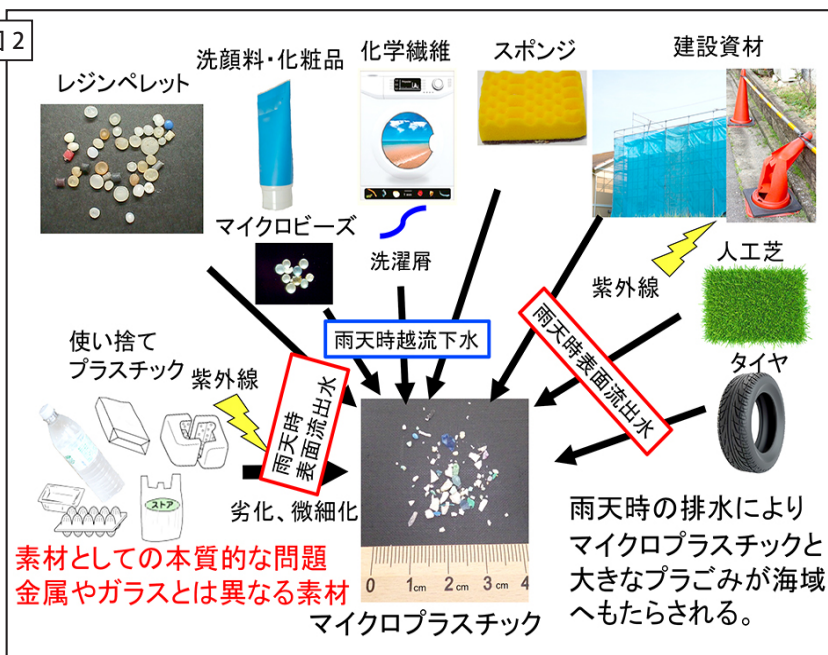
写真2



太平洋で
採取された
プラスチック

しかし、近年、下水、洗濯排水、道路上の粉塵、大気などについてマイクロプラスチックの研究が行われるようになってきて、以下に示すように、プラスチックの微細化は陸上ですでに始まっていることが明らかになってきた(図2)。

図2



マイクロプラスチックの生成と海への流入

都市域の下水中のマイクロプラスチックの発生源としては、洗濯排水に起因する繊維状のマイクロプラスチックが主要で、これにスポンジが削れたものや化粧品に含まれるマイクロビーズや合成洗剤に含まれる柔軟剤等のマイクロカプセルなども加わる(図2)。

一方、塗料や建物の表面加工材や人工芝、そしてタイヤ等、屋外や道路交通系で使用されたプラスチックが破碎・劣化して生成した破片状のマイクロプラスチックは、大気中に浮遊したり、道路粉塵に取り込まれたりし、雨が降ると洗い流され川や海へもたらされる(図2)。

さらに、農耕地からもプラスチック製マルチが劣化して生成したマイクロプラスチックや被覆肥料由来のマイクロカプセルが落水や雨により河川へ負荷される。

このように多岐に渡る発生源からマイクロプラスチックが発生している背景には、プラスチックがガラスや金属と違って、劣化しやすい素材であるにも関わらず、短期的な経済効率と利便性から社会の様々な場でプラスチックを多用してきたことがある。マイクロプラスチック汚染を抑えるには、プラスチックの使用を抑えることが必要である。

プラスチック汚染の生態系への広がり

海へ流入したプラスチックはその大きさに応じて様々な海洋生物に摂食される(図3)。

レジ袋やビニールシートなどはクジラやウミガメが摂食し、海鳥は1mm前後のプラスチック破片を摂食し(写真3)、プラスチック摂食個体は経年的に増えている。

さらに、微細化したプラスチック、マイクロプラスチックは魚や貝に取り込まれ、食物連鎖によって捕食者にも汚染は広がっている。現在ではプラスチックの取り込みは600種以上の海洋生物で報告されている。

図3



プラスチック汚染の生態系全体への広がり



亜南極海のズグロミズナギドリと消化管から取り出したプラスチック片 (photo : Dr. Peter G. Ryan)

ヒトへのマイクロ/ナノプラスチックの取り込み

魚貝類からもマイクロプラスチックが検出されるということは人間も例外ではない。むしろ人間は、食べもの、水、大気だけでなく、ペットボトルやプラスチック製食器などから直接マイクロ/ナノプラスチックを取り込んでいる。

ペットボトルには1本に50個のマイクロプラスチック、ナノサイズまで考えると12万個のナノプラスチックが含まれると報告されている。プラスチック製容器に水を入れ、電子レンジで温めると、1cm²あたり400万個以上のマイクロプラスチックが溶け出してくる。その他にもカップ麺、ティーバッグなどヒトは飲食を通してマイクロ/ナノプラスチックに曝露されている。

このように、人間は地球上の生物の中で唯一意図的にプラスチックを飲食に使う生物であり、マイクロプラスチックの曝露は他の生物より大きいと考えられる(図4)。

図4

ヒトへのMNPの曝露



マイクロ/ナノプラスチック (MNP)
…マイクロプラスチック
およびナノプラスチック

環境中での MNP 検出例

- ・大気 (Sheng et al., 2023)
- ・飲料水 (Li et al., 2022)
- ・魚介類 (Ribeiro et al., 2020)

ヒト試料での MNP 検出例

- ・肺 (Jenner et al., 2022)
 - ・胎盤 (Ragusa et al., 2021)
 - ・心臓 (Yang et al., 2023)
 - ・血液 (Leslie et al., 2022)
- 同定法やブランクの取り方などに不確かさがある。

ヒトへのマイクロ/ナノプラスチックの曝露経路

血液や肝臓、肺など様々な組織からのマイクロ/ナノプラスチックの検出例が多数報告されてきている。

プラスチックは生物が同化できない異物であるため、身体から異物を取り除こうと炎症等の免疫反応が起こる。炎症が血管内で起これば、血管が詰まり易くなり、心筋梗塞等のリスクが上がる。疫学調査の結果も出ているが、マイクロプラスチックの測定自体が生体分子の誤同定や実験中のプラスチックの混入の可能性も指摘されており、今後の精査が必要である。

化学物質のヒトへの健康影響

一方、プラスチックに含まれる化学物質については、ヒト組織からの検出は20年以上前から多数の報告があり、後述するような疫学調査の結果も複数報告されており、プラスチックに含まれる化学物質によるヒトへの健康影響は確実に起こっていると考えられる。

プラスチックには劣化を抑えて、性能を維持・向上するために様々な化学物質が添加剤として加えられており（写真4）、これがプラスチックの劣化により溶け出し、

ヒトも含む生物に濃縮されることが明らかになってきた。

これらの添加剤の中には生殖、成長や脳の発達に影響を与える物質、いわゆる環境ホルモンが含まれる。

実際にコンビニの弁当や冷凍食品の利用回数の多い妊婦の流産の割合が高いことや、妊娠がビスフェノールAやノニルフェノールなどの環境ホルモンを多く取り込むと、生まれてきた子どもの注意力が落ちたり、喘息になる子どもが増えたりすることが疫学調査から明らかにされている。

プラスチックが劣化して細くなることにより、添加剤が溶け出し易くなり、プラスチックからの添加剤の溶出や生物濃縮が起こり易くなる（図5）。

溶け出した添加剤やマイクロプラスチックの摂食により、

魚や貝の身の部分へ添加剤が濃縮される。その魚や貝を食べることにより、私たちの身体に添加剤が入ってくることになる。間接的な曝露経路である（図6）。

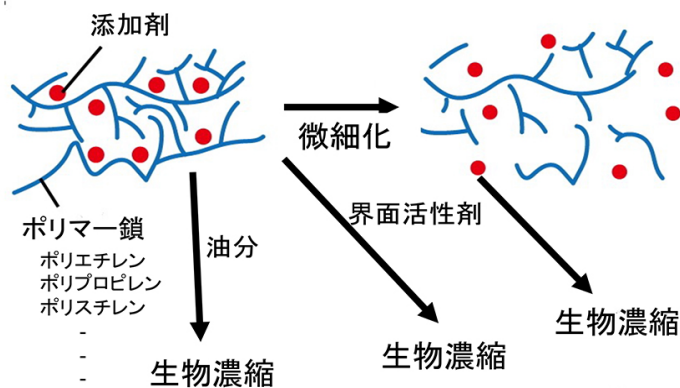
私たちの身体に入ってくる添加剤を減らすには、飲食の際のプラスチック削減と共に、環境中のマイクロプラスチックを減らしていく必要がある。



写真4
環境ホルモンの一種 UV-P が検出されたプラスチック製品

図5

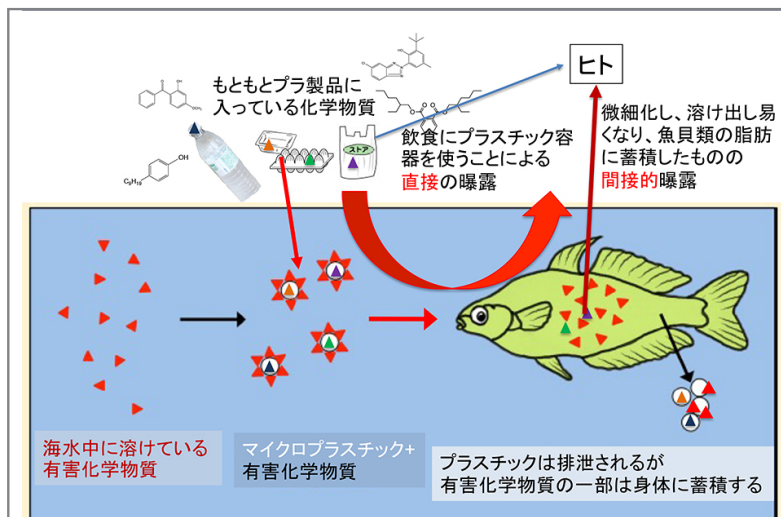
マイクロプラスチックになることにより溶け出し易くなるが、ここ10年ほどの研究でわかった



videonews.com

プラスチックの微細化による添加剤の生物濃縮促進機構

図6



ヒトへのプラスチック添加剤の直接曝露と間接曝露

個人でできるプラスチック対策

プラスチックに含まれる化学物質が私達の身体に入っていないようにするには、まずは、飲食の際、特に油分を含む食品へのプラスチックの使用を控え、プラスチックからの環境ホルモンの直接的な曝露を減らすことが必要である(図7)。そして、マイクロプラスチックの発生を抑えることも重要である。

環境中のマイクロプラスチックの削減

環境中のマイクロプラスチックを減らすには、まずは、摩耗を前提とした製品、劣化し易い素材、野外で使われる製品の使用を削減することが重要である。例えば、発泡スチロールの梱包材、メラミンフォームのスポンジ、柔軟剤の香料を包むマイクロカプセル、農業用マルチ、人工芝などは使用の削減や天然素材への置き換えが必要である。レジ袋やペットボトルや食品トレーなどの使い捨てプラスチックは、環境に漏出し、劣化してマイクロプラスチックになるので、こちらも使用の削減が必要である。

プラスチックがいずれは劣化してマイクロプラスチックになることを考えると、プラスチック全般の生産量・消費量を減らしていくことが根本的な対策である。石油ベースのプラスチックで利便性や効率性を求める暮らしではなく、金属やガラスなどの劣化しない素材を繰り返し使い、木や紙など自然から得られる素材を適正な量だけ賢く使って循環型の仕組みを作っていくことが大事である。

プラスチック問題の緊急性

本稿ではここまで人間の健康問題として、プラスチック問題を論じて、プラスチックの使用削減の必要

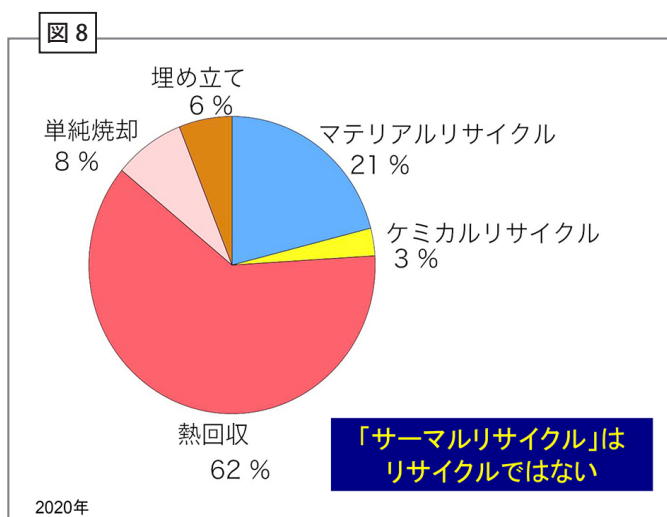
性を述べてきた。一方、プラスチック問題は、資源、温暖化抑止、廃棄物管理の視点からも考える必要がある。

世界で発生しているプラスチック廃棄物3億5千万トンのうち収集・処理されているものは78%で、未収集のものの一部(数百万トン)が海へ流入している。プラスチックごみの収集体制を確立し、海洋へのプラスチックごみの流入を抑えることが急務である。

埋立・焼却・リサイクル神話からの脱却

集めたプラスチックごみを埋め立てると、有害な添加剤や関連化学物質が浸み出し、地下水や河川を汚染する。例えば、1990年代までに東京西部の埋立処分場に埋め立てたプラスチックから染み出してきた添加剤が、30年以上多摩川を上流から下流まで汚染している。埋立は将来に渡る負の遺産となり、持続可能な最終処分法ではない。

日本では「サーマルリサイクル」という間違えた用語が用いられて大量のプラスチックごみが焼却処分されている(図8)。



日本におけるプラスチックごみの最終処分

やめよう	こちらを選ぼう
レジ袋	→マイバッグ
ペットボトルの飲みもの	→水筒、マイボトル
ストロー	→断ろう
コンビニの弁当箱	→家で作ったものを食べよう
個包装のお菓子	→まとめて包装してある商品を買おう、みんなで分けよう
液体石けん	→固形せっけんを使おう
化学繊維の衣服	→天然素材の衣服
芳香剤入り合成洗剤	→芳香剤入り合成洗剤を使わない
食品包装ラップ	→陶器の皿で蓋する、蜜蝋ラップ
カップ麺	→陶器のどんぶり

個人でできるプラスチック対策

石油から作られたプラスチックの焼却は、実質的な温室効果ガスの発生となる。

さらに、ごみの焼却に伴いダイオキシン等の有害化学物質が発生する。もちろん高性能な焼却炉を作れば、有害化学物質の発生は抑えることはできるが、焼却炉の建設には莫大な費用がかかり、高温でごみを焼却するため炉の寿命も短く30年程度であり、こちらも持続可能なオプションではない。

リサイクルについても、プラスチックという素材の特性から無限にリサイクルできるわけではなく、リサイクルするためにはエネルギーも必要であり、リサイクルも限定的である。プラスチックを構成するポリマーの炭素-炭素結合は紫外線や酸素による酸化で切断されやすく、プラスチックとは劣化しやすい素材であり、リサイクルの過程でも劣化する。プラスチックは無限回リサイクルできる素材ではない。

また、プラスチックは汚れや臭いの分子が染みこみや、汚れや臭いを取り除くために手間もエネルギーもかかるし、汚れや臭いを取り除く過程で資源量としても減ってしまう。

プラスチックとは、ガラスや金属と違ってリサイクルしにくく、リサイクルにも手間とエネルギー、コストがかかる素材なのである。そのようにリサイクルしにくい素材をリサイクルすれば、当然手間もエネルギーもかかってしまう。

ペットボトル1本を生産して水平リサイクルする過程で90gの二酸化炭素が発生する。これはエアコンを30分使った時発生する二酸化炭素に相当する。ペットボトルのリサイクルによって温暖化が進んでしまうことになる。

物質循環的には使った以上リサイクルすることが必要であるが、リサイクルされる量、すなわち使い捨てのプラスチックの消費量自体を減らすことが、優先されるべきである。さらに、リサイクルしても飲食にプラスチックを使うということになると、消費者への微細プラスチックと添加剤の直接的曝露が続く。総合的に考えて、プラスチックは削減しなければならない。

バイオマス素材への転換

パリ協定のもと、世界は脱化石燃料の方向に大きく舵を切った。2050年以降は化石燃料を燃やすことができない社会がくる。当然、化石燃料から作るプラスチックの生産もできなくなる。どうしても必要なプラスチックについては、化石燃料からではなくバイオマスから作る必要がある。

しかし、現在大量に使っている石油ベースのプラスチックを全てバイオマスやバイオマスベースのプラスチックに置き換えれば、食糧生産の逼迫や森林破壊を招くので、プラスチック全体の生産量は大幅に減らしていく必要がある。

目指すべき社会は、使い捨てから再使用への転換、劣化しない素材をシェアしながら繰り返し使い、その上で医療分野等どうしても必要なプラスチックは、石油ベースからバイオマスベースに転換し、安全な添加剤を使い、可能な限り再利用・リサイクルを行なっていく社会である。

物流や商品提供方法の変革

プラスチック問題の解決を素材の変革にのみ頼ることは無理である。社会の中でのものの作り方、回し方を変えていかなければ持続可能な社会は作れない。生鮮食料品や生活必需品をモノカルチャーで大量生産し、それをグローバルに輸送してきた経済の仕組みは短期的な経済効率がよかったが、感染症のアウトブレイクや国際武力紛争などの危機に対して脆弱であり、持続可能ではない。

長距離輸送では大量の包装資材が使われ、プラスチック汚染を招いてきた。過度なグローバル化から脱却し、流域内で物資が流通・循環する多様性のある分散型社会の中にプラスチック問題を位置づけた制度への変革が必要である。(図9)

近距離での物資の輸送であれば、プラスチック包装を減らすことが可能であり、人々の信頼関係があれば個々の包装も不要となり、量り売りも促進される。液体物の輸送・販売から乾燥物や固形物の輸送・販売への切り替え、ループなどのシェア容器のシステムの普及なども組み合わせるべき仕組みである。

大量消費して汚れたプラスチックを高性能な焼却炉で燃やすより、バイオマス素材をゆっくり堆肥化し、堆肥は農業で再利用するような低エネルギー分散型の循環型社会、シェアやコモンズの考え方にに基づき構造を変えていくことが望まれる。

プラスチック条約の交渉が開始されたことは、プラスチック問題の解決には意識啓発やサプライチェーンの下流側の対策だけでは限界があることを意味している。上流側(生産・流通)での対策、すなわち素材の変更や物流の変革、社会経済の構造の変革が必要である。

図9

● 物流や商品の提供方法の根本的な変革とは？

流域単位の資源循環

国内産、地域産、旬のものを優先 → 地産地消の販売活動

プラスチック容器の削減

包装資材の削減

ループ(金属容器のカスケード利用)

紙や木の利用促進

量り売り

持ち込み容器の受け入れ

ペットボトルでの飲料販売の削減

ペットボトルのリサイクルが「エコ」であるという広告を止める

ガラス容器や(内部コーティングのない)缶での飲料販売

コンビニでのマイボトル用飲料水の給水器による販売

カップ麺よりノンカップ麺

個包装よりまとめてパッケージ

多様な容器包装の提供

液体物の販売から乾燥物の販売に切り替える

脱ペットボトル

固形石けん、固形シャンプー

マイクロカプセルの配合を止める