

(案)

提言

マイクロプラスチックによる水環境汚染の  
生態・健康影響研究の必要性とプラスチックの  
ガバナンス



令和2年（2020年）○月○日

日本学術会議

健康・生活科学委員会・環境学委員会合同

環境リスク分科会

この提言は、日本学術会議健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会

委員長	那須 民江	(連携会員)	中部大学生命健康科学部特任教授
副委員長	中村 桂子	(連携会員)	東京医科歯科大学大学院国際保健医療事業開発学教授
幹事	近藤 昭彦	(連携会員)	千葉大学環境リモートセンシング研究センター教授
幹事	野原 恵子	(連携会員)	国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク・健康研究センターフェロー
	秋葉 澄伯	(第二部会員)	弘前大学特任教授・鹿児島大学名誉教授
	石塚真由美	(第二部会員)	北海道大学大学院獣医学研究院教授
	浅見 真理	(第三部会員)	国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官
	青島 恵子	(連携会員)	医療法人社団継和会理事長、萩野病院長
	大塚 直	(連携会員)	早稲田大学法学部教授
	續 輝久	(連携会員)	九州大学名誉教授
	益永 茂樹	(連携会員)	横浜国立大学名誉教授
	村田 勝敬	(連携会員)	秋田大学名誉教授
	渡辺 知保	(連携会員)	国立研究開発法人国立環境研究所理事長、東京大学名誉教授

本提言及び参考資料の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

高田 秀重	東京農工大学農学部環境資源科学科教授
寺園 淳	国立研究開発法人国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター副センター長

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	犬塚 隆志	参事官(審議第二担当)
	五十嵐久留美	参事官(審議第二担当)付参事官補佐
	横田真理江	参事官(審議第二担当)付審議専門職付

# 要 旨

## 1 作成の背景

海洋プラスチックの海洋生物による摂食と悪影響は1970年代以来報告されてきたが、21世紀に入って海洋プラスチック汚染は2つの新たな局面を迎えた。一つは微細なプラスチック(マイクロプラスチック:5 mm以下のプラスチック)の海洋表層への集積が確認され、海洋生物による摂取も示されたことである。もう一つは、海洋マイクロプラスチックが海洋生態系での有害化学物質の運び屋になることである。

マイクロプラスチックは一次マイクロプラスチックと二次マイクロプラスチックに大別される。前者は5 mm以下の粒子状に製造されたプラスチックで、レジンペレット、肥料のカプセルや洗顔料、化粧品に含まれるマイクロビーズなどである。二次マイクロプラスチックは環境に放出されたプラスチック製品が紫外線や熱、風波などの物理的な力により破砕、細片化したものや合成繊維の服の洗濯時に発生する繊維などである。

## 2 海洋マイクロプラスチック汚染の現状及び問題点

### (1) 分布

日本周辺海域もマイクロプラスチック濃度が高い。日本列島から排出されたものに加えて黒潮による東南アジア・中国南部からの輸送が示唆されているが、両者の定量的識別は今後の課題である。日本の沿岸では二次マイクロプラスチック、中でも製品の破片が繊維状のものよりも多い。破片となっている製品の特定や破片化速度などの解明は効果的な対策を講じる上で不可欠であるが、ほとんど分かっていない。今後、二次マイクロプラスチック形成の解明や化学繊維の寄与の特定も意識して日本の水環境での汚染の調査を進める必要がある。特に堆積物中のマイクロプラスチックの量は海水中の量よりも多いと計算されている。堆積物への沈降速度、さらには堆積物からの巻き上がりや浮上の研究などを行うことにより、マイクロプラスチックの物質動態を明らかにする必要がある。

### (2) 海洋生物への摂食

現在200種以上の多様な生物がマイクロプラスチックを摂食していることが、室内実験や捕獲された魚介類の調査で確認されている。直接の摂食に加えて、食物連鎖を通じた移行によりマイクロプラスチック汚染は生態系全体に広がっている。

### (3) 生態系および健康への影響

マイクロプラスチックの生態影響を考える際にはプラスチック自体の毒性とともに添加剤(可塑剤、紫外線吸収剤、臭素系難燃剤など)や、構成するモノマー・オリゴマーによる毒性影響を調べる必要がある。添加剤の中にはベンゾフェノン類、フタル酸エステル類のように内分泌かく乱作用や生殖毒性をもつものも含まれる。加えて、ナノサイズのプラスチックが細胞膜を通過して、生物組織を傷害する可能性がある。

マイクロプラスチックは添加剤を含む他に、疎水性の DDT などストックホルム条約の規制対象物質を含む POPs (Persistent Organic Pollutants : 残留性有機汚染物質) を吸着している。これらは、時には水鳥やクジラなどの高次栄養生物にも移行し、蓄積する。一方、吸着・含有された有害物質による生物への毒性影響の調査事例は少なく、その環境および健康リスク評価は全く行われていない。現状認識として、生物影響が顕在化していないと捉えるよりは、実環境での軽微な影響を評価する手法が開発・適用されてこなかったと捉え、調査・研究の推進と予防的な対策が必要と考えられる。

#### (4) マイクロプラスチック海洋汚染防止のためのプラスチックのガバナンス

わが国のプラスチック製品の生産量はこの 20 年間横ばい状況であるが、容器類は 2 倍に増えている。世界での生産量は今後も大幅な増加が見込まれることから、現状では世界の海洋汚染がより深刻化することが危惧される。このような状況を受けて、プラスチックによる新たな海洋汚染を 2050 年までにゼロにすることを目指すとした「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が採択され、日本政府は世界全体の海洋プラスチックごみ対策の推進を宣言した。わが国ではプラスチックの回収率は高い水準にあるが、回収されたものの半分以上が焼却されており、使い捨てプラスチック排出量の低減に向けて国・産業界・国民をあげた取り組みの一層の強化が必要であろう。同時に、マイクロプラスチックの生態系及びヒトの健康への影響に関するリスク評価を可能とするための分野横断的な調査や基礎・疫学研究を推進するとともに、マイクロプラスチックの環境・健康リスク評価に基づいた国際的なプラスチック管理を推進する必要がある。

### 3 提言の内容

国は「持続可能な開発のためのアジェンダ 2030 (SDGs)」の目標 3「すべての人に健康と福祉を」、目標 6「安全な水とトイレをみんなに」、目標 11「住み続けられるまちを」、目標 12「つくる責任つかう責任」、目標 13「気候変動に具体的な対策を」、目標 14「海のゆたかさを守ろう」、目標 15「陸のゆたかさも守ろう」を達成するために、以下のことを実施すること。

(1) 国は海洋におけるマイクロプラスチックの起源、水環境中の動態、海洋生物の摂食状況、生態系への移行と悪影響(物理的および添加剤や吸着する有害化学物質の悪影響)を喫緊に調査すること。同時に生物やヒトへの毒性影響およびそのメカニズムに関する分野横断的な基礎・疫学研究を推進し、科学的知見を総合的に示すと共に、環境および健康リスク評価に資する科学的な知見の収集を急ぐこと。

(2) 国は「使い捨てプラスチック」の生産・使用を減らすなどして、「プラスチックの総排出量の低減に向けた」国・産業界・国民をあげての取り組みを加速させること。

(3) 国は一次マイクロプラスチックの使用を抑制し、二次マイクロプラスチックの起源となる海洋プラスチック回収の有効な方法を開発し、実行することに早急に取り組むこと。

## 目 次

1	はじめに .....	1
2	マイクロプラスチックの起源 .....	1
3	マイクロプラスチックの分布 .....	2
4	マイクロプラスチックの海洋生物への取り込み .....	3
5	マイクロプラスチックの生物への影響-有害化学物質による影響 .....	3
	(1) 物理的な影響 .....	3
	(2) 海洋プラスチック中の添加剤と吸着性 POPs の存在とその特性 .....	4
	(3) 摂食プラスチックから生物組織への化学物質の移行・蓄積とそのメカニズム .....	6
6	プラスチック添加剤の生物およびヒト健康影響 .....	9
7	飲料水中のマイクロプラスチックとヒトへの健康影響に関する国際機関等の考え方 .....	11
8	マイクロプラスチック海洋汚染防止のためのプラスチックのガバナンス .....	12
9	提言 .....	15
	<用語の説明> .....	16
	<参考文献> .....	18
	<図表> .....	24
	<参考資料 1> 提言と関連する SDGs 目標とターゲット .....	26
	<参考資料 2> 審議経過 .....	32
	<参考資料 3> シンポジウム開催経過 .....	33
	<参考資料 4> 「学術の動向」の執筆 .....	36

## 1 はじめに

海洋プラスチックによる海洋や海の生物の汚染は、1960年代から観測されている[1]。その後、1970年代～1990年代にかけて、海洋表層水中のプラスチックの分布とクジラ、ウミガメ、海鳥などの海洋生物によるプラスチックの摂食は、先駆的な研究者により継続して報告されてきた([2]、以降文献は主要および最新のもののみ示す。引用文献の詳細は高田・山下[3]を参照)。この間、海洋プラスチック汚染は進行していた。例えば、海鳥によるプラスチックの摂食頻度は、1970年代～1990年代にかけて増加していた[2]。しかし、20世紀後半の研究はまだ限定的なものであった。

21世紀に入り、海洋プラスチック汚染は2つの面で新たな展開を迎えた。一つは、微細なプラスチックが、海洋表層水中を漂い外洋の環流(Gyre)に集積している、いわゆるプラスチックスープの海の発見である[4]。プラスチックスープの発見自体は1997年に遡る。その後さらに数百 $\mu\text{m}$ 程度の微細なプラスチックがイギリス沿岸の堆積物中に存在し、それらが多毛類や蔓脚類に取り込まれる、すなわち生態系に侵入する可能性が示された[5]。この論文の中で、Thompsonらは数百 $\mu\text{m}$ 程度の微細なプラスチックを顕微鏡でなければ見えないプラスチックということでmicroscopic plasticとも表現している。これがのちのマイクロプラスチックという用語につながる。もう一つの契機は、海洋プラスチックが有害化学物質の海洋生態系での運び屋になるということが、野外での吸着実験[6]やInternational Pellet Watch等の観測から明らかになってきた点である。これらの新たな展開をアピールする報告は2005年にScience誌に掲載された[7]。この頃から関連の研究者の関心が高くなり、2008年にNOAAが国際ワークショップをシアトル近郊のタコマで開催し、マイクロプラスチックの定義が議論されて、5 mm以下のプラスチックをマイクロプラスチックと呼ぶという定義が決まった[8]。この定義はその後の国連の海洋環境保護の科学的事項に関する専門家合同グループ(GESAMP)の定義[9]にも継承されている。本提言でもこの定義に従う。また、JISの定義では繊維やゴムはプラスチックからは除外されているが、本提言では現在の国際的なマイクロプラスチックの定義に沿って、合成高分子化合物で作られた繊維とゴムもプラスチックとして扱う。

## 2 マイクロプラスチックの起源

海洋環境中で観測されるマイクロプラスチックの起源は様々であるが、一次マイクロプラスチックと二次マイクロプラスチックに大別される。一次マイクロプラスチックは、もともと5 mm以下の粒子状に製造されたプラスチック粒で、製品の原料になったり、製品に配合されたりするプラスチックである。このカテゴリーにはレジンペレット(円盤状、円柱状、あるいは球状の直径数mmのプラスチック粒であり、プラスチック製品の中間原料)も含まれる。また、洗顔料、化粧品などに含まれるマイクロビーズ(プラスチック製スクラブ;主にポリエチレン製)もこのカテゴリーに含まれる。使用後のマイクロビーズは家庭排水として下水処理場へ運ばれる。下水処理場での観測から、一次処理と二次処理を経ることにより、99%以上除去されることが報告されている。この場合、沈殿とスクラム処理により除去されたと考えられる。しかし、合流式の下水処理区では雨天時には家庭排水は下水処

理場へ運ばれず、はけ口やポンプ所から雨水と共に河川や海へ放流される。このように雨天時越流によりマイクロビーズは海へ運ばれると考えられる。しかし、雨天時越流により公共用水域へ放出されるマイクロビーズの量は定量的に把握されていない。さらに、一部の洗濯用合成洗剤に含まれる芳香剤を包むプラスチック製カプセルや、農業の肥料をコーティングしている殻状のプラスチックも雨天時に水域へ供給されるが、その負荷や動態はほとんど明らかになっていない。ネックは、雨天時の汚濁負荷自体の実態把握が遅れていることにある。マイクロビーズが日本の沿岸域でも観測されていることから、海洋への流入量の定量的な把握は必要である。

二次マイクロプラスチックは、使用後に海洋へ流入したプラスチック製品が紫外線、熱、風波などの物理的な力により破碎され、細片化したものである。日本の沿岸ではプラスチック製品の破片がマイクロプラスチックの主な発生源と考えられる[10]が、破片となっている製品の特定、破片化速度など定量的なことはほとんど分かっていない。破片のもととなっているプラスチック製品の特定は、効果的な対策を講じる上で不可欠な課題である。破片と製品を結びつける科学的アプローチの開発が求められている。また、二次マイクロプラスチックのカテゴリーには合成繊維の服を洗濯した時に発生するポリエステルやアクリルの繊維も含まれる。ヨーロッパ、アメリカ、カナダ、中国では水域で検出されるマイクロプラスチックに占める化学繊維の割合が高いことが報告されているが、日本の水環境ではその寄与は小さいと考えられる[10]。ただし、日本の水環境における調査事例が少ないので、今後、化学繊維の寄与の特定も意識して調査を進める必要がある。また、食器洗いなどに使われるスポンジも、それ自体が摩耗してマイクロプラスチックとなる。

### 3 マイクロプラスチックの分布

北極、亜南極海域、南極域、深海海底に至るまで全球的なプラスチック汚染の広がりが明らかにされている。地中海東部やユーラシア大陸南岸域、南北太平洋・南北大西洋・インド洋の中央部の環流の中心付近に集積海域があることが明らかにされてきている。日本周辺海域もマイクロプラスチック濃度が高いことが明らかにされた[11]。日本列島からの排出の多さと黒潮による東南アジア・中国南部からの輸送が示唆されているが、両者の定量的な識別は今後の課題である。海洋での観測結果を基に作られたモデルからは、全海洋に浮遊するプラスチック量は27万トンと推定された[12]。この量は陸上から流入するプラスチック量の推定値（年間480万トン～1,260万トン、平均800万トン）[13]よりも遙かに少ない。このギャップにはいくつかの要因が考えられるが、第一は微細化したマイクロプラスチックを計測しきれていない点である。海洋でのマイクロプラスチックの測定では通常ニューストンネット（動物プランクトン用目合い330 μm）が使われるため、330 μm以上のプラスチックが、多くのモニタリングで、マイクロプラスチックとして計測されている。330 μmより小さいプラスチックの実測例も報告されているが、実測例はまだ限られている。海洋を浮遊するマイクロプラスチックの大半は、海水よりも軽いポリエチレンとポリプロピレンが占める。一方、ポリスチレン、ペット（PET：ポリエチレンテレフタレート）、ポリ塩化ビニルは密度が海水より大きく、海底堆積物に蓄積している。地中海の深海底に沈ん

でいるペットボトルは有名な例である[14]。密度の大きなポリマーは大きなプラスチック片だけでなく、マイクロプラスチックとして海底に堆積している[15]。さらにポリエチレンやポリプロピレン製マイクロプラスチックも沿岸堆積物や、深海底からも検出されている。ポリエチレンやポリプロピレンは密度が海水よりも小さく、基本的には水に浮くが、プラスチック表面に生物が付着し、それにより沈降力が増し、海底に沈降・蓄積する可能性が指摘されている[16]。東京湾の堆積物中にポリエステルやポリスチレンと共に、水より密度の小さいポリエチレンやポリプロピレン製のマイクロプラスチックが検出されている[15]。特に堆積物中の単位面積当たりのマイクロプラスチックの量は海水中のマイクロプラスチックの量よりも4桁多いと計算された[15]。堆積物への沈降速度、さらには堆積物からの巻き上がり、浮上も研究することにより、マイクロプラスチックの物質動態を可視化する必要がある。

#### 4 マイクロプラスチックの海洋生物への取り込み

プラスチックはその大きさに応じて様々な生物に取り込まれる。1997年の時点で177種の海洋生物によるプラスチック摂食が報告[17]されていたので、現在では200種以上の生物がプラスチックを摂食していると考えられる。クジラ、ウミガメ、海鳥、魚の消化器からmmサイズからcmサイズのプラスチックが検出されている。その中でも、海鳥は報告例が多く、採餌特性や消化管の形状と関連づけて、種によるプラスチック摂食の違いも考察されている[18]。 $\mu\text{m}$ サイズの微細プラスチックの二枚貝やカニのような比較的栄養段階が低い生物への蓄積は、室内実験で明らかにされ、さらに野外の二枚貝でも観測されている。魚類についても消化管内からマイクロプラスチックが検出されている。魚貝類からの検出事例は、市場で購入されたものについても報告されており、食の安全への大きな懸念となってきた。魚貝類中のマイクロプラスチックについて、欧米では化学繊維の占める割合が多いと報告されているが、日本では化学繊維の割合は小さく、大半が製品の破片であった。しかし、ポリエステルは密度が大きく堆積物中から検出されているので[15]、底生魚も含め多種の魚貝類を多水域で調査し、採餌場所や採餌行動も考慮して調査する必要がある。さらに、より小さなサイズのマイクロプラスチックのミジンコや端脚類などの動物プランクトンによる摂食についても、室内実験や実際の海洋環境における観測によって確認されている。これらの低次栄養段階の生物に取り込まれたマイクロプラスチックの食物連鎖を通じた高次栄養段階生物への移行も室内実験で確認されている。野外の生物では移行を示唆する観測例もあり、直接の摂食に加えて、食物連鎖を通じた移行によりプラスチック汚染は生態系全体に広がっている。しかし、それらのマイクロプラスチックが食物連鎖を通して増幅(Biomagnification)されているのかどうか、すなわち摂取量が排泄量を上回っているのかどうかは、今後の研究課題である。

#### 5 マイクロプラスチックの生物への影響-有害化学物質による影響

##### (1) 物理的な影響

生物への影響に関しては2つの側面から考えられている。マイクロプラスチック自体



が物理的異物であることによる影響（粒子毒性）およびマイクロプラスチックに含有・吸着された化学物質による影響である。現実には、この2つの側面が同時に作用していると考えられる。物理的な影響は、大型生物については、摂食した比較的大きなプラスチックの物理的な作用により、生理学的な影響が観測されている[19]。微細なプラスチック（マイクロプラスチック）の粒子毒性については、2015年頃から多数の室内実験が行われ、ポリスチレン微粒子の曝露により牡蠣の再生産能力の低下[20]、ワムシの抗酸化酵素の誘導[21]などが報告されている。それらの粒子毒性に関する室内実験の結果をレビューし、閾値も報告されている[22]。多くの室内実験における曝露マイクロプラスチック濃度は、実際に環境中で観測されるマイクロプラスチック濃度よりも桁違いに高く[23]、現在の汚染レベルであれば、粒子毒性が発現している海域は限定的であると報告されている[24, 25]。

しかし、マイクロプラスチックの生物影響の室内実験結果の解釈の際には、プラスチック自体の粒子毒性と共に、後述する添加剤やプラスチックを構成するモノマーやオリゴマーによる影響も考える必要がある。上記のポリスチレン微粒子の曝露による牡蠣の再生産能力の低下[20]は、粒子自体の影響と共に添加剤やスチレンモノマー・ダイマーの影響も考える必要がある。実際マウスにスチレントリマーを投与すると甲状腺ホルモンを上昇させることが報告されている[26]。また、ポリカーボネートやエポキシ樹脂の原料であり、他のポリマーの添加剤としても用いられているビスフェノール A (BPA) はラット精巣のステロイド合成酵素とコレステロール輸送タンパクの発現を抑制し、血漿のテストステロンと黄体形成ホルモンを低下させる。これらの作用はエストラジオール (E2) の影響と類似している。顕微鏡的には BPA と E2 は精巣ライディッヒ細胞を減少させ、エストロゲン受容体の mRNA の発現を低下させた[27]。さらに、ナノサイズ(20 nm)のプラスチックが細胞膜を通過して、生物組織へダメージを与えることも、室内実験のレベルであるが示唆されている[28]。ナノサイズのプラスチックの細胞膜の透過は人への影響を考える上で重要な点である。しかし、環境中でのナノサイズのプラスチックの実測例はほとんどない。ナノサイズの粒子はコロイド粒子の領域になるが、環境水中のコロイド粒子の捕集と化学的特徴付け自体が難しいことが背景にある。分析化学的手法の開発が必要である。

## (2) 海洋プラスチック中の添加剤と吸着性 POPs の存在とその特性

プラスチックには構成ポリマーだけでなく、可塑剤、紫外線吸収剤、酸化防止剤、剥離剤、難燃剤など様々な添加剤が配合されている[29, 30]。構成添加剤としては有機化合物だけでなく重金属を含む化合物も添加される場合がある[31]。添加剤の中にはニルフェノール、ベンゾトリアゾール類、ベンゾフェノン類、フタル酸エステル類のように内分泌攪乱作用や生殖毒性を持つものも含まれる[29, 30]。添加剤の多くは、疎水性が高く、水に溶け出し難いので、海洋漂流および海岸漂着プラスチックに残留していることが確認されている[32, 33]。海鳥については、摂食したプラスチックを実測し、添加剤（臭素系難燃剤、紫外線吸収剤）を検出したことも報告されている[34, 35]。魚貝類の場

合は、取り込まれているプラスチックのサイズが小さく、その中の添加剤の分析が困難であるため、取り込まれたプラスチック中の添加剤の実測事例はない。海洋漂流および海岸漂着プラスチック中の添加剤の検出事例も、cm レベルのプラスチックのものが多く、mm のレベルすなわちマイクロプラスチックについての測定例は限られている。東京湾と太平洋で採取したマイクロプラスチックについて、臭素系難燃剤の BDE209 が数 ng/g～数百 ng/g で検出されることが報告されている[36]。海洋環境中でのプラスチックの微細化により比表面積の増加と滞留時間の増加により、添加剤は海水中へ溶出していくことが考えられるが、疎水性が大きく分子量が大きな添加剤の水への溶出速度が小さく、BDE209 の場合は海水への溶出はほとんど起こらないことと推定されている[37]。そのため、太平洋で採取されたマイクロプラスチックからも BDE209 が検出されたものと考えられる。このことは、他の疎水性が大きく分子量が大きな添加剤もマイクロプラスチック中に存在することを示唆している。リスク評価のためには、より広範囲の試料について、多種の添加剤の測定が必要である。

海を漂うマイクロプラスチックには添加剤の他に、周辺海水から吸着してきた疎水性の有害化学物質も含まれている[38, 39]。PCBs や DDT 等ストックホルム条約で規制対象の残留性有機汚染物質 (POPs) もその疎水性のためプラスチックに吸着する。これらの PCBs や DDTs はレガシー汚染物質ともよばれているものであり、過去の使用域の堆積物中に蓄積しているものが、堆積物から溶出や堆積物の巻き上がりにより、海水中に回帰し、それがマイクロプラスチックに吸着されている。その吸着力はポリマー間で異なるが、炭化水素だけで構成され非晶質のポリエチレンの吸着力が一番強く[40]、極性の官能基が入ったポリエステルでは吸着力が小さい[41]。プラスチック粒子の大きさと対象有害化学物質の性質 (疎水性) によって、有機汚染物質が吸着平衡に達するまでの時間は大きく異なる[40]。例えばオクタノール-水分配係数が log 値で 6 以上の PCBs が直径 3mm 程度のポリエチレン小粒に吸着する場合、PCBs 濃度が周囲の水中濃度と平衡に達するには 1 年以上かかると推定される[42]。ポリマーの表面からポリマーの内部への汚染物質の浸透に時間がかかることと、比表面積が小さいため単位重量のプラスチックと接触する水の量が少ないためと考えられる。いずれにしてもプラスチック、特にポリエチレンへの POPs の吸着が単純な表面吸着ではなく[43]、プラスチックマトリクス内部への浸透に支配されたゆっくりとした吸脱着である点が、プラスチックの汚染物質輸送媒体としての特徴である。これが遠隔地で観測される高濃度に POPs を吸着したマイクロプラスチックの散発的な存在を説明するものである。例えば、International Pellet Watch というモニタリングでは、同じ地点で採取したペレットを 5 組に分け分析を行いその中央値をとって、その地点を代表する値としている[39]。しかし、地域的な POPs 汚染源がないような離島や遠隔地で散発的に桁違いに高濃度な POPs を含むペレット (マイクロプラスチック) がしばしば観測されている[44]。POPs 汚染源のない遠隔地では海水中の POPs 濃度はバックグラウンドレベルの低濃度なので、プラスチックと海水の間で POPs 濃度が平衡に達していれば、5 組のプラスチックはどれも低濃度の POPs 濃度になるはずである。しかし、実際には散発的に高濃度のペレットが観測される。マイクロプラスチックの輸送経

路や輸送速度が様々であることと、ゆっくりとした吸脱着により説明される。すなわち、POP<sub>s</sub> 濃度が高い都市水域で PCBs を高濃度に吸着したペレットが、POP<sub>s</sub> が脱着する間もなく急速に遠隔地に運ばれるためと考えられる。疎水性の大きな添加剤と共に吸着性の POP<sub>s</sub> をマイクロプラスチックが遠隔地での生態系の生物に運び込む可能性が考えられる。一方、都市水域では、その疎水性のために海底堆積物に蓄積している POP<sub>s</sub> が堆積物中のマイクロプラスチックに吸着し、マイクロプラスチックの比重が 1 に近いため再懸濁や再移動が進み、レガシー汚染が長期化することが懸念される。都市水域堆積物中のマイクロプラスチックの蓄積は明らかにされているが[15]、その再懸濁や再移動については、今後研究の必要がある。

### (3) 摂食プラスチックから生物組織への化学物質の移行・蓄積とそのメカニズム

摂食されたプラスチックに含まれる化学物質の影響が発現するのは、まず、摂食プラスチックからの化学物質の溶出とその生体組織への移行から始まる。海鳥についてプラスチックから脂肪への PCBs の移行を示唆する結果は 1980 年代から報告されている[45]。Ryan and Connel [45]は、南大西洋ゴフ島のズグロミズナギドリについて、胃内プラスチック量と卵中 PCBs 濃度の関係を多変量解析し、両者に正の関係があることを見いだした。Yamashita ら[46]は、ベーリング海のハシボソミズナギドリについて、胃内プラスチック重量と脂肪中の低塩素 PCB 同族異性体に正の相関があることを報告している。同じベーリング海のハシボソミズナギドリについて、Tanaka ら[47]は、腹腔脂肪中に高臭素ジフェニルエーテルが蓄積している個体を観測し、同じ個体の胃内プラスチックから同様の組成の高臭素ジフェニルエーテルを検出したことから、プラスチック添加剤の臭素化ジフェニルエーテル(PBDEs)のプラスチックから生物への移行を強く示唆した。さらにタスマニアのハシボソミズナギドリについても尾腺ワックスを使ってプラスチック添加剤(フタル酸エステル)の移行が示された[48]。この尾腺ワックス中のプラスチック添加剤を測定するというアプローチを世界 15 海域の海鳥 35 種 150 個体に応用した調査では、約 40%の個体でプラスチック添加剤の脂肪への蓄積が確認された[49]。類似の研究がクジラについても行われ、摂食プラスチックから添加剤(フタル酸エステル)の代謝産物(MEHP : mono-(2-ethylhexyl) phthalate)がクジラの組織へ蓄積したと報告されている[50]。以上のように、海鳥等の比較的高次の栄養段階の生物については、野外での観測例から、摂食プラスチックから生物組織への化学物質の移行・蓄積が確認されていると判断される。

低次栄養段階の生物については、摂食プラスチックが微細でその計測が難しいことから、観測例は少なかったが、近年になり検討が進んできた。例えば、Rochman ら[51]は、南太平洋の環流(Gyre)でハダカイワシ組織中の BPA、アルキルフェノール、アルキルフェノールポリエトキシレート、PCBs、PBDEs の測定を行い、高臭素 PBDEs の濃度が採取地点のプラスチック密度に正の相関があることを報告している。韓国沿岸域では、リサイクル発泡スチロールから難燃剤の一種ヘキサブromシクロドデカン(HBCD)が検出され、その発泡スチロール表面に棲息する二枚貝中から HBCD を検出している[52]。沖縄の離島の

プラスチックごみ漂着の多い海岸と少ない海岸でヤドカリが調べられ、プラスチックごみの漂着の多い海岸で捕獲したヤドカリの消化管内のマイクロプラスチック量が多く、それらの個体では肝臓中に臭素系難燃剤 BDE209 の代謝産物(BDE202, BDE179 等)が検出される個体が多いことが報告された[53]。これらの野外での観測結果は、低次栄養段階の生物についても、プラスチック添加剤の組織への移行が起きていることを示唆している。

プラスチックからの化学物質の移行は摂食実験や飼育実験により、実験的にも証明されている。オオミズナギドリの雛に PCBs が吸着したレジンペレットを投与すると、尾腺ワックス中の低塩素 PCB 同族異性体濃度の増加が観測された[38]。一方、高塩素 PCB 同族異性体については、餌由来の寄与が大きいため、プラスチック投与に伴う濃度の上昇は確認されなかった。プラスチック添加剤については、ベンゾトリアゾール系およびベンゾフェノン系紫外線吸収剤と臭素系難燃剤 BDE209 を工業的に練り込んだプラスチックをオオミズナギドリの雛に投与したところ、脂肪と肝臓から有意にこれらの添加剤が検出され、体組織への添加剤の移行率は最大 4%であった[54]。これらの投与実験はプラスチック添加剤の生物組織への移行の直接的な証拠を提供している。

栄養段階の低次の生物についても、室内実験により、取り込んだプラスチックから生物組織への化学物質の移行が示されている[55-57]。ただし、これらの低次栄養段階の生物への曝露実験で使われた化学物質はいずれもプラスチックに吸着させたものであり、添加剤を練り込んだマイクロプラスチックでの曝露実験も行う必要がある。

添加剤はポリマー内部に練り込まれており、溶出しにくいと考えられてきた。特に疎水性の大きな添加剤では海水への溶出はほとんど起こらないと考えられている[37]。しかし、疎水性を有する有機溶媒や界面活性剤が混ざることにより、化学物質のプラスチックからの溶出は飛躍的に加速される[42, 58]。例えば、PCB の同族異性体 170 ( $\log Kow = 7$ ) のペレットからの脱着速度は水にメタノールが 25%混ざると 1 桁大きくなった[42]。海鳥と添加剤を対象にした研究例では、消化液に油分が含まれると、疎水性の添加剤の溶出が促進されることが示されている[59]。海鳥の消化液には、餌として食べた魚の難消化性油分がスタマックオイルとして含まれる。疎水性添加剤 BDE209 を練り込んだプラスチックを海水、スタマックオイル、魚油で溶出させる実験を行うと、海水では BDE209 は溶出しなかったが、スタマックオイルや魚油では数十%の添加剤の溶出が確認された[59]。消化液中の油分(スタマックオイル)が溶媒のように作用することにより溶かしだしが促進されていると考えられる。スタマックオイルは海鳥に特有の成分であるが、他の生物の場合も消化管内で餌生物の脂肪が溶媒のように作用する可能性も考えられる[42]。魚貝類やヒトを対象とした実環境条件での溶出実験が必要である。

プラスチックから生物組織への化学物質の移行・蓄積が起こることは確認されたが、次の問題はその相対的な規模である。生物は、通常その生物のもともとの餌からも有害化学物質に曝露される。プラスチック摂食による有害化学物質の曝露を評価する際には、プラスチック以外の経路での曝露と比較する必要があり、複雑である。平衡を仮定したモデル化のアプローチでは、プラスチックに吸着した POPs の寄与は無視できる程度であ

ると主張されている[60]。しかし、前述したようにプラスチックへの疎水性汚染物質の吸着や添加剤の存在は平衡には達していないことから、平衡を仮定した全球モデルでは実際に起こっている現象を再現することはできない。個々の環境や物質を対象にして具体的な評価を行う必要がある。すなわち、プラスチックを介した生物への汚染物質の曝露は、バックグラウンド汚染、すなわちその環境の一般的な汚染度、および対象とする汚染物質と生物種に依存する。まずは、海洋漂流プラスチックへの化学物質の吸脱着が平衡に達していない場合が多いこと[42]から、バックグラウンド汚染が低くプラスチック以外の経路からの有害化学物質の曝露が少ない離島や遠隔地に、高濃度の POPs を吸着したプラスチックが運ばれると、プラスチック経由の POPs 曝露の寄与が大きくなることも考えられる[36]。前述したように、離島のマイクロプラスチックから散発的に高濃度の POPs が検出されることが観測されている[44]。実際に吸着由来の PCBs についてプラスチックから海鳥組織への移行・蓄積が確認されたのも非汚染海域のベーリング海[46]、離島[45, 53]、大西洋の環流[51]など人間活動域から離れたリモートな海域である。逆に言うと、一般的な汚染レベルが高い都市域では、マイクロプラスチックを介した曝露は現状では顕在化しにくい。しかし、将来マイクロプラスチック量が増えた場合には、その寄与が大きくなる可能性がある。さらに、対象とする汚染物質と生物、特に栄養段階についても考慮する必要がある。PCBs のようにプラスチック添加剤以外の起源から供給される成分よりも、プラスチック添加剤が主要な供給源となる成分ではマイクロプラスチックを介した曝露は顕在化しやすい。特に、PCBs のように食物連鎖の中で生物増幅(Biomagnification)が起こる汚染物質について高次栄養段階生物を対象にすると、餌生物中の濃度が高く、マイクロプラスチックを介した影響が顕在化しにくい[61]。例えば、太平洋のウミガメを対象とした調査では、脂肪中の PCBs 濃度と胃内のマイクロプラスチック含有量の間に関連は認められなかった[62]。一方、疎水性が大きな高分子量の添加剤のように、生物増幅しにくい成分の場合は、餌経由の曝露の寄与が相対的に小さくなり、プラスチックを介した曝露の寄与が観測される[61]。海鳥で BDE209 の蓄積が確認されたことはこの典型的な例である。マイクロプラスチックを介した曝露の有無という二者択一的な議論ではなく、成分、対象生物、対象地域に応じた具体的な議論が必要である。

上述したように、いくつかの生物について、いくつかの化学物質のマイクロプラスチックによる曝露が実際環境中の生物で確認されている。次に考えなければいけないのは、マイクロプラスチックを媒介とした化学物質曝露による生物影響である。室内実験で、化学物質を吸着させたマイクロプラスチックを魚やゴカイ[55, 63]に曝露すると、肝機能障害や腫瘍の生成などの影響がでることが報告されている。ただし、影響が観測されている室内実験におけるマイクロプラスチックの曝露量は環境中で観測されるマイクロプラスチック量よりもかなり(一桁以上)多い量である[23]。今後プラスチックが増えた場合に起こりうる影響の警鐘としてとらえられる。一方、実際の環境中での、生物影響の観測例は極めて少ない。例えば、オーストラリアでのアカアシミズナギドリの調査では、マイクロプラスチックの摂食量が多い個体で血中のコレステロール濃度が高く、カルシ

ウム濃度は低いことが観測されている[64]。血液中カルシウム濃度の低下は、DDTにより海鳥のカルシウム代謝が阻害される事例と同様であり、奇形や卵の殻が薄くなり、孵化率の減少や個体数の減少を招くことが懸念される。形態上の異常は確認されていないが、血液検査で異常が出ているので、アカアシミズナギドリについてはプラスチック摂食による化学物質の影響は顕在化一步手前と考えられる。同様のプラスチック由来の有害化学物質の蓄積や影響が他の海鳥や他の生物について起こっているかどうかは現在研究途上であるが、海鳥で起こっていることは、炭鉱のカナリアと考え、予防的な対策をとっていくべきであろう。現状認識として、生物影響が顕在化していないと捉えるよりは、実環境での軽微な影響を評価する手法が開発・適用されてこなかったと捉え、調査・研究の推進と予防的な対策が必要だと考えられる。

## 6 プラスチック添加剤の生物およびヒト健康影響

上述の議論を踏まえて、プラスチック添加剤について生物のみでなくヒトの健康影響に関して考察を行い、添加剤の管理のために必要な調査・研究を提案する。プラスチック製品に加えられる添加剤の中にはノニルフェノール、ビスフェノールA、ベンゾトリアゾール類、ベンゾフェノン類、フタル酸エステル類のように内分泌かく乱作用や生殖毒性を持つものも含まれる[29, 30]。これらの添加剤による健康影響は、内分泌系だけでなく、免疫系にも広がり、アレルギーや肥満などの慢性疾患との関係も指摘されている[65, 66]。これらの添加剤の食品・飲み物への溶出は長年懸念されており、溶出試験を行うことにより、食品・飲み物を通してのヒトへの直接の曝露は一定程度、コントロールされてきた。ただし、使い方や食品によっては溶け出す可能性について注意する必要がある。例えば、疎水性の高い添加剤が加えられたプラスチック容器に、油分の多い食品を入れて電子レンジ等で直接温めることは、プラスチックから食品・飲み物への疎水性の添加剤の移行やヒトへの曝露を増やす可能性がある。このような例を除けば、一般には、疎水性の高い添加剤については、水に溶け出し難いので、プラスチック容器内の飲み物や食べ物には溶け出しにくく、プラスチック製品を使うことによるヒトへの直接の曝露は小さいと考えられ(図1)、疎水性の高い添加剤がプラスチックに添加されてきた。しかし、疎水性の高い添加剤は、海洋漂流および海岸漂着プラスチック片に残留している。破片となり微細化したマイクロプラスチックは魚貝類に取りこまれ、消化液の中に油分が含まれれば、微細化して比表面積が増加したプラスチックから疎水性の添加剤は溶出する。溶出した添加剤は腸から吸収され、脂肪や肝臓に蓄積する。このような疎水性の高い添加剤の生物組織への移行・蓄積は海鳥[54]において確認されている。海鳥はヒトが直接摂食するものではないが、マイクロプラスチックを介した疎水性添加剤の魚貝類への移行・蓄積が起り、それらの添加剤の魚貝類による代謝能が低い場合は、食物連鎖を通して、ヒトへも曝露されていることが懸念される(図1)。実際に、魚貝類についてもマイクロプラスチックを介した疎水性添加剤の生物組織への移行・蓄積が、実環境中の観測から示唆されている[51-53]。一方、微細化の過程で海水中に溶出する添加剤もあるが、それらはその添加剤を含まない別なマイクロプラスチックや自然の粒子(懸濁粒子や堆積物)への吸着により、こちらも食物連鎖を通してヒトへ

曝露されることになる。これまで、添加剤のヒトへの曝露は、飲食に使うプラスチックからの直接の曝露しか考慮されてこなかったが[30]、環境中でのプラスチックの微細化と生物の消化器官への取り込み、油分を含む消化液への溶け出し、生物濃縮、食物連鎖により、疎水性の大きな添加剤が、間接的にヒトへ曝露されることが、マイクロプラスチックが提起した新たなルートであり、ヒトへの影響という点では一番大きな側面であると考えられる(図1)。すなわち、これまでの溶出試験での添加剤の曝露量推定は過小評価であり、人類全体へのプラスチック添加剤曝露は今まで考えられていたよりも多い可能性がある。すなわち、プラスチック配合された添加剤のうちで分解性が低く疎水性の高いものは最終的にはヒトへの曝露がおこる可能性が大きい。

最近報告されたヨーロッパでの大規模な疫学調査の結果は、ヨーロッパの成人男子の精子数が過去40年で半減しているという深刻な内容を示している[67]。原因は特定されていないが、農薬・殺虫剤やプラスチックに含まれる化学物質も要因の候補として挙げられている。その他にも子宮内膜症の増加など、生殖に関連する疾病の増加が観測されている。プラスチックに生殖に影響を与える添加剤が含まれているのは確かである。それらが飲み物には溶け出してこないとしても、油分を含む食品への溶出、そしてマイクロ化と食物連鎖による間接的なヒトへの曝露も考える必要がある。内分泌系への影響はすぐに症状が出るわけではなく長い年月を経て、場合によっては世代を超えて影響が出る場合がある[66]。曝露も回り回っての間接的な経路もあるので、因果関係の特定は極めて難しいが、今後の検討が期待される。カナダやEUのプラスチック容器削減策には資源問題としての背景に加えて、化学物質汚染の観点がある。

上述のように、プラスチックとマイクロプラスチックのヒトも含む生物への影響を考える上で添加剤の問題は重要である。今後の添加剤の管理のために必要な調査・研究を以下に示す。

- (1) プラスチック製品の添加剤の内分泌かく乱作用（広く免疫系への影響や生殖毒性も含む）の調査と多成分（添加剤などを含めたプラスチック製品）に同時に曝露される際の作用の評価、及びそれに基づく使用規制が必要である。添加剤としては、ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤、ベンゾフェノン系紫外線吸収剤、臭素系難燃剤、リン系難燃剤、フタル酸エステル類、ノニルフェノール、ビスフェノールA、有機フッ素化合物等があげられる。
- (2) 環境中のプラスチックに含まれる添加剤の網羅的分析が必要である。マイクロプラスチック、特に1 mm以下の微細なマイクロプラスチック中の添加剤の測定、粒径別含有量の調査は重要である。
- (3) プラスチックの微細化と添加剤の溶出特性の関連の把握（微細化すると溶出しやすいのか？餌や食品中の油分で溶出が促進されるのか？）が必要である。
- (4) マイクロプラスチックを介した添加剤の魚貝類への移行・蓄積の検討が必要である。
- (5) 食物連鎖を通じた添加剤の生物増幅の検討が必要である。

(6) トータルダイエツトスタディ、血液や尿の分析等によるプラスチック添加剤の食事からのヒトへの曝露量と、その影響の把握の研究が必要である。加えて、その他の曝露源、大気（ハウスダストも含む）、水、土壌からの曝露調査も行い、健康リスク評価のための知見を取集する必要がある。

(7) 予防的な対応として、プラスチック添加剤の規制を溶出試験に基づくものから含有試験に基づくものに切り替える必要がある。すなわち、プラスチックごみとなり環境へ放出され、微細化されたものが、生物への取り込みを経て、最終的にヒトへ曝露される可能性があるため、製品からの直接の溶出だけでなく、製品そのものに含有される添加剤や、構成するモノマー・オリゴマーの毒性を対象にし、その含有量に基づく規制を行うことが予防的な対策として必要である。

上述のように、解決すべき課題は多いが、プラスチックに含まれる有害化学物質の影響を過小評価せず、予防原則的な観点からプラスチックの排出量を削減していく必要がある。

## 7 飲料水中のマイクロプラスチックとヒトへの健康影響に関する国際機関等の考え方

2019年8月、世界保健機関（WHO）はマイクロプラスチックに対する更なる研究とプラスチック汚染に対する規制強化を求めるニュースを発出した[68]。同年9月には、「飲料水中のマイクロプラスチック」と題する報告書[69]で、以下のことを示している。

水道水や飲料水中のマイクロプラスチックがヒトの健康に与える影響について関心がもたれているが、現在の科学的知見に基づけば、現状では飲料水中のマイクロプラスチックについて、物理的な作用、化学物質、そして吸着した微生物に関しては、ヒトの健康に対する懸念は低い。プラスチック粒子のうち、特にナノサイズの粒子の物理的作用に関する毒性については確証を得るには情報が不十分であるものの、現状で確かな懸念を示す情報もない。

150  $\mu\text{m}$  を超えるマイクロプラスチックは糞便から直接排出され、より小さい粒子の摂取は限定的であるが、ラット及びマウスの毒性試験では、肝臓の炎症を含むいくつかの影響が報告されている。しかしこれらの研究は飲料水では有り得ないほど非常に高い濃度での曝露での知見であり、その信頼性と関連性は疑義が呈されている。

飲料水中のマイクロプラスチックに吸着する化学物質や溶出する化学物質については、多くのリスク評価が実施されているが、これらの化学物質について十分に安全側に立った推定摂取量と毒性学的な値との間には幾桁もの大きな乖離があり、飲料水中のマイクロプラスチックによる化学物質による影響の懸念は十分低い。

WHOの評価は「飲料水」と限定すれば、妥当なものだと考えられる。しかし、生態系全体への影響の評価となると、マイクロプラスチックとそれに付随する化学物質による汚染実態も動態の現状把握は遅れており、評価をくだすことは難しい。実態把握と動態の理解を進めると同時に、上流側からのライフサイクルを考えた評価に基づく予防的なアプローチも必要であろう。



しかし、同報告書[69]の中でも触れられているように、国際化学物質安全計画（IPCS）、国際標準機関（ISO）、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）、国際連合（UN）、国連環境計画（UNEP）、国連児童基金（UNICEF）などの国際機関や米国環境保護庁（USEPA）、英国政府（UK）などが（マイクロ）プラスチックに関する報告や対策方針を発出しており、プラスチックやその関連分野における分野横断的な知見の共有と対策の推進が求められている。

## 8 マイクロプラスチック海洋汚染防止のためのプラスチックのガバナンス

わが国近海の海洋マイクロプラスチック汚染は、プラスチック製品が紫外線や熱、風波などの物理的な力により破碎、細片化したものや合成繊維の服を洗濯時に発生するポリエステルやアクリル繊維、食器洗いなどに使用されるメラミン樹脂製スポンジが摩耗してできる二次マイクロプラスチックによることが多い。

プラスチック類は石油製品であることに留意しなければいけない。その種類にはポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレート、塩化ビニル樹脂、エポキシ樹脂、ポリウレタン、ポリカーボネートなど多種ある。用途としては、容器・包装用フィルムシートが1/3（33.2%）を占め、この中にはごみ袋、レジ袋、ラミネート、チャック付き袋、シュリンクフィルムなどが含まれる。次いで包装用以外のフィルムシート（22.4%）、機械器具・部品（11.2%）、バルブ・継手（9.9%）、日用品雑貨（5.0%）、建材（5.1%）、発泡製品（4.6%）、その他（9.2%）に分類される（日本プラスチック工業連盟 プラスチック製品生産実績 <http://www.jpif.gr.jp/3toukei/toukei.htm>）。

国内における1999年から2018年のプラスチック類製品の生産高（トン）を見ると、総生産量は横ばいか減少傾向である。しかし製品別で見ると、容器類は約2倍（435,107トン増）に、フィルムは1.2倍（315,902トン増）増加していたが、その他の製品は横ばいか減少傾向を示している（図2）。フィルムの中では、農業用（厚さ0.2mm未満）は減少しているが、包装用（0.2mm未満、デパート、スーパーなどの袋）が1.03倍（35,623トン増）、硬質製品（0.5mm未満、二次製品として卵パック、薬包装、カードなどに使用されるもの）が1.8倍（266,274トン増）増加している。また、シート（0.2mm以上のもの）は減少している。包装用品の増加率は低いですが、フィルムの中の生産量の52%を占めている。従って、プラスチック製品の減量化のカギを握っているのは、フィルム（中でも包装用と硬質製品）と容器類の生産量であり、この生産量の減量化、特にワンウェイ（使い捨て）プラスチックの減量化が重要である。

日本は米国に次ぎ、1人当たりのプラスチックごみの排出量が世界で2番目に多い。2018年にカナダで開催された先進7カ国（G7）首脳会議で日本は米国と共に「海洋プラスチック憲章」への署名を行わなかった。コンビニなどを含む産業界に配慮したためと言われているが、海外ではプラスチックの生産・使用自体を削減する動きが加速してきている中では、世論の批判を浴びる結果となった。EUでは既に、2030年度を目標にすべてのプラスチック容器包装を、コスト効果的にリユース・リサイクルを可能とすることや、使い捨てプラスチ

ック等への対策（消費削減、市場削減、生産者の義務拡大、意識向上など）が具体的に始まっている[69]。このような状況の中で、2019年6月に大阪で開催された主要20ヶ国・地域（G20）首脳会議の議長国としての積極姿勢をアピールする必要に迫られていた。そこで、環境大臣（当時）がG20を前に、2020年7月1日からレジ袋の無料配布を禁じる法令を制定した。またG20では「首脳宣言」に、海洋プラスチックごみによる新たな汚染を2050年までにゼロにすることを目指すとした「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が盛り込まれた。その実現のためには、削減余地の大きい「使い捨てプラスチック」の生産・使用を減らす、並びに代替品の利用を検討するなど、プラスチックごみの総排出量の低減に向けた国・産業界・国民をあげての取り組みの加速が求められている。

リサイクルに関して、わが国では2000年に循環型社会形成推進基本法において(1)リデュース、(2)リユース、(3)リサイクル、(4)熱回収、(5)適正処分、の優先順位で廃棄物処理およびリサイクルが行われるべきであると定められている。わが国では廃棄されるプラスチックの有効利用率が84%（残りは未利用廃プラスチック）とされているが、2016年のデータでは、全体の57.5%は、廃プラスチックを固形燃料として燃焼する際の熱エネルギーを回収する「熱回収」に大きく依存している。焼却による「熱エネルギーとしての再利用」は、資源の再利用としては重要であるが、CO<sub>2</sub>の低減には結びつかないので、プラスチック資源としての再利用を目指した取り組み（マテリアルリサイクルやケミカルリサイクル）とは根本的に異なるものであり、ますます深刻化の度合いを増している地球温暖化に結びつくCO<sub>2</sub>の排出削減の観点からも、熱エネルギーとしての再利用の再考が必要である。一方、マテリアルリサイクルは年間約200万tでリサイクルの23%を占め、主に中国に輸出されていた。しかし、2018年1月以降に中国が輸入規制を強化したことによって、行き場を失った廃プラスチックの多くは国内でリサイクル・処理する必要に迫られている。そのため、使い捨てプラスチックの削減に取り組む必要がある。削減しても残る必要なプラスチックについては、マテリアルリサイクルにより繰り返し使えるよう、マテリアルリサイクルを促進する物流や製品のデザインの改良も必要である。さらにリサイクルが難しい、あるいはリサイクルに伴う環境負荷が大きなプラスチック製品については、バイオマスプラスチックで生分解性の高いものに置き換え、陸上の分解施設で100%分解し、環境への放出がないようにする開発が求められる。しかしこれらの利用にあたっては、食糧生産の圧迫や森林破壊などの課題も残されおり、一層消費量の抑制に努める必要がある。このような生産から使用、廃棄にいたるプラスチックのガバナンスを官民あげて進める必要がある。

プラスチックのガバナンスは「持続可能な開発のためのアジェンダ2030（SDGs）（参考資料1）」と調和し、目標達成を加速する必要がある。海洋プラスチック汚染はまさに、目標14「海のゆたかさを守ろう」の最大の阻害要因であることが2017年の国連海洋会議で共通認識となり、現在の世界的な動きにつながっている。海へのプラスチック流入削減の鍵となる陸上でのプラスチックゴミの管理は、目標11「住み続けられるまちを」の中の都市のゴミ問題の中で位置付け、プラスチック以外の廃棄物管理と調和させる必要がある。そもそもプラスチックを石油という有限な資源から作る限りは、目標12「つくる責任つかう責任」の持続可能な資源利用とも相入れない。特に、現在の日本のプラスチック廃棄物の主要

な最終処分である焼却は、プラスチックが石油から作られている限りは温室効果ガスの実質的発生となり、目標 13「気候変動に具体的な対策を」と矛盾する。目標 12、13 と調和する一つの方策は、バイオマスプラスチックへの置き換えになるが、現在大量に使っているプラスチックを全てバイオマスプラスチックに置き換え大量消費・大量焼却するのであれば、森林破壊や食糧生産との競合を引き起こし、目標 15「陸のゆたかさも守ろう」の達成を困難なものにする。森林資源の管理と調和させなければならない。また、マイクロプラスチックは河川水からも検出されており、目標 6「安全な水とトイレをみんなに」にも直結する。そもそも添加剤を中心としたプラスチックの健康影響は目標 3「すべての人に健康と福祉を」に大きく関わる。これら SDGs の目標全体の達成と調和するプラスチックガバナンスを国、産業界、消費者、市民が協調して構築し、直ちに実行する必要がある。海洋のプラスチック汚染は、到底、持続可能な社会とは相容れないものであり、長年取り組んできた ESD（持続可能な開発のための教育）の奏功がまだ不十分であることを示している。環境教育のより一層の推進が必要である。

プラスチックのガバナンス構築・実行と同時に、海洋プラスチック回収の有効な方法を開発し、実行することに早急に取り組む必要がある。EU の取り組みですら「すでに環境へ流入してしまったプラスチックをどうするのか」という具体案が出されていない。このまま放置されるとマイクロプラスチックが増えるばかりであり、その回収はさらに困難となる。早急に有効な海洋プラスチックゴミ回収策の検討と適切な処分が必要である。

## 9 提言

国は「持続可能な開発のためのアジェンダ 2030 (SDGs)」の目標 3「すべての人に健康と福祉を」、目標 6「安全な水とトイレをみんなに」、目標 11「住み続けられるまちを」、目標 12「つくる責任つかう責任」、目標 13「気候変動に具体的な対策を」、目標 14「海のゆたかさを守ろう」、目標 15「陸のゆたかさも守ろう」を達成するために、以下のことを実施すること。

(1) 国は海洋におけるマイクロプラスチックの起源、水環境中の動態、海洋生物の摂食状況、生態系への移行と悪影響(物理的および添加剤や吸着する有害化学物質の悪影響)を喫緊に調査すること。同時に生物やヒトへの毒性影響およびそのメカニズムに関する分野横断的な基礎・疫学研究を推進し、科学的知見を総合的に示すと共に、環境および健康リスク評価に資する科学的な知見の収集を急ぐこと。

(2) 国は「使い捨てプラスチック」の生産・使用を減らすなどして、「プラスチックの総排出量の低減に向けた」国・産業界・国民をあげての取り組みを加速させること。

(3) 国は一次マイクロプラスチックの使用を抑制し、二次マイクロプラスチックの起源となる海洋プラスチック回収の有効な方法を開発し、実行することに早急に取り組むこと。

## <用語の説明>

### 一次マイクロプラスチック

5 mm 以下の粒子状に製造されたプラスチックで、レジンペレット、洗顔料や化粧品に含まれるマイクロビーズなどが含まれる。

### SDGs

持続可能な開発目標（SDGs）とは、2001年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）の後継として、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016年から2030年までの国際目標である。持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の誰一人として取り残さない（leave no one behind）ことを誓っている。

### エストラジオール

卵巣から分泌されるホルモン、エストロゲン、にはエストロン、エストラジオール、エストリオールの3種類ある。この中で最も生理活性が強いのが、エストラジオールである。

### 大阪ブルー・オーシャン・ビジョン

2019年6月のG20大阪サミットで共有されたビジョン。海洋プラスチックごみによる新たな汚染を2050年までにゼロにすることを目指す。

### 黄体形成ホルモン

脳下垂体前葉の性腺刺激ホルモン産生細胞から分泌される性腺刺激ホルモンである。男性では、精巣に働き、テストステロンとインヒビンの分泌を、女性では、卵巣に働き、エストロゲンとプロゲステロンを分泌させる。

### ガバナンス

「統治、支配、管理国」といった意味があり、「国、地方、団体をまとめ上げて治める」意味を持つ。

### ストックホルム条約の規制対象物質

残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs条約）で規制されている化学物質。POPs条約とは、環境中での残留性、生物蓄積性、人や生物への毒性が高く、長距離移動性が懸念されるポリ塩化ビフェニル（PCB）、DDT等の残留性有機汚染物質（POPs：Persistent Organic Pollutants）の、製造及び使用の廃絶・制限、放出の削減、これらの物質を含む廃棄物等の適正処理等を規定している条約。

### テストステロン

約 95%が精巣で生成され、分泌される 男性ホルモンの一種である。健康な身体を維持するために多臓器に作用し、重要な役割を果たしている。

### **トータルダイエツトスタディ**

研究対象者の食事に照らし合わせ、市場で売られている広範囲の食品を対象とし、食品添加物や農薬などの有害化学物質を実際にどの程度摂取しているかを把握するために、加工・調理によるこれらの物質の増減も考慮に入れて行う摂取量の推定方法である。

### **二次マイクロプラスチック**

海洋に流入したプラスチック製品が紫外線や熱、風波などの物理的な力により破砕、細片化したものや合成繊維の服を洗濯時に発生するポリエステルやアクリル繊維、食器洗いなどに使用されるメラミン樹脂製スポンジが摩耗した物が含まれる。

### **マイクロプラスチック**

5 mm 以下のプラスチックである。

### **レジンペレット**

円盤状、円柱状、あるいは球状の直径数 mm のプラスチック粒であり、プラスチック製品の中間原料などである。

## <参考文献>

- [1] Rothstein, S. I., Plastic particle pollution of the surface of the Atlantic Ocean: evidence from a seabird. *Condor* 1973, 75, (344), 5.
- [2] 山下 麗, 田中厚資, 高田秀重, 海洋プラスチック汚染 : 海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響. 日本生態学会誌, 2016, 66, 51-68.
- [3] 高田 秀重, 山下 麗, 海洋プラスチック汚染概論 : 研究の歴史, 動態, 化学汚染 (特集 プラスチック汚染を上流で抑える). 用水と廃水, 2018, 60, 29-40.
- [4] Moore, C. J.; Moore, S. L.; Leecaster, M. K.; Weisberg, S. B., A Comparison of Plastic and Plankton in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 2001, 42, (12), 1297-1300.
- [5] Thompson, R. C.; Olsen, Y.; Mitchell, R. P.; Davis, A.; Rowland, S. J.; John, A. W. G.; McGonigle, D.; Russell, A. E., Lost at sea: Where is all the plastic? . *Science* 2004, 304, 838.
- [6] Mato, Y.; Isobe, T.; Takada, H.; Kanehiro, H.; Ohtake, C.; Kaminuma, T., Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environ. Sci. Technol.* 2001, 35, (2), 318-324.
- [7] Thompson, R.; Moore, C.; Andrady, A.; Gregory, M.; Takada, H.; Weisberg, S., New directions in plastic debris. *Science* 2005, 310, 1117.
- [8] Arthur, C.; Baker, J.; Bamford, H., International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. 2009.
- [9] GESAMP, Assessment of microplastics and associated chemicals in marine environments. II. 2016.
- [10] Tanaka, K.; Takada, H., Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports* 2016, 6, 34351.
- [11] Isobe, A.; Uchida, K.; Tokai, T.; Iwasaki, S., East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics. *Mar. Pollut. Bull.* 2015, 101, (2), 618-623.
- [12] Eriksen, M.; Lebreton, L. C. M.; Carson, H. S.; Thiel, M.; Moore, C. J.; Borerro, J. C.; Galgani, F.; Ryan, P. G.; Reisser, J., Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *Plos one* 2014, 9, (12), e111913.
- [13] Jambeck, J. R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T. R.; Perryman, M.; Andrady, A.; Narayan, R.; Law, K. L., Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 2015, 347, (6223), 768-771.
- [14] Galgani, F.; Souplet, A.; Cadiou, Y., Accumulation of debris on the deep sea floor off the French Mediterranean coast. *Marine Ecology Progress Series* 1996, 142, (1), 225-234.
- [15] Matsuguma, Y.; Takada, H.; Kumata, H.; Kanke, H.; Sakurai, S.; Suzuki, T.; Itoh, M.; Okazaki, Y.; Boonyatumanond, R.; Zakaria, M. P.; Weerts, S.; Newman, B., Microplastics in sediment cores from Asia and Africa as indicators of temporal trend in microplastic pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2017, 73, (2), 230-239.

- [16] Mincer, T. J.; Zettler, E. R.; Amaral-Zettler, L. A., Biofilms on Plastic Debris and Their Influence on Marine Nutrient Cycling, Productivity, and Hazardous Chemical Mobility. In *Hazardous chemicals associated with plastics in environment*, Takada, H.; Karapanagioti, H. K., Eds. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2017; pp 1-13.
- [17] Laist, D. W., Impacts of marine debris: entanglement of marine life in debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In *Marine debris—sources, impacts and solutions*, Coe, J. M.; Rogers, D. B., Eds. Springer: Berlin, 1997; pp pp. 99–140.
- [18] Ryan, P. G., Ingestion of Plastics by Marine Organisms. In *Hazardous chemicals associated with plastics in environment*, Takada, H.; Karapanagioti, H. K., Eds. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2016; pp 1-32.
- [19] Wright, S. L.; Thompson, R. C.; Galloway, T. S., The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* 2013, *178*, (0), 483-492.
- [20] Sussarellu, R.; Suquet, M.; Thomas, Y.; Lambert, C.; Fabioux, C.; Pernet, M. E. J.; Le Goïc, N.; Quillien, V.; Mingant, C.; Epelboin, Y.; Corporeau, C.; Guyomarch, J.; Robbens, J.; Paul-Pont, I.; Soudant, P.; Huvet, A., Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016, *113*, (9), 2430-2435.
- [21] Jeong, C.-B.; Won, E.-J.; Kang, H.-M.; Lee, M.-C.; Hwang, D.-S.; Hwang, U.-K.; Zhou, B.; Souissi, S.; Lee, S.-J.; Lee, J.-S., Microplastic Size-Dependent Toxicity, Oxidative Stress Induction, and p-JNK and p-p38 Activation in the Monogonont Rotifer (*Brachionus koreanus*). *Environ. Sci. Technol.* 2016, *50*, (16), 8849-8857.
- [22] Besseling, E.; Redondo-Hasselerharm, P.; Foekema, E. M.; Koelmans, A. A., Quantifying ecological risks of aquatic micro- and nanoplastic. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 2019, *49*, (1), 32-80.
- [23] Lenz, R.; Enders, K.; Nielsen, T. G., Microplastic exposure studies should be environmentally realistic. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016, *113*, (29), E4121-E4122.
- [24] Everaert, G.; Van Cauwenberghe, L.; De Rijcke, M.; Koelmans, A. A.; Mees, J.; Vandegheuchte, M.; Janssen, C. R., Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environ. Pollut.* 2018, *242*, 1930-1938.
- [25] Isobe, A.; Iwasaki, S.; Uchida, K.; Tokai, T., Abundance of non-conservative microplastics in the upper ocean from 1957 to 2066. *Nature Communications* 2019, *10*, (1), 417.
- [26] Yanagiba, Y., Ito, Y., Tamanoshita, O., Zhang, S.T., Watanabe, G., Taya, K., Li, C.M., Inotsume, Y., Kamijima, M., Gonzalez, F.J., Nakajima, T. Styrene trimer may increase thyroid hormone levels via down-regulation of the aryl hydrocarbon receptor (AHR) target gene UDP-glucuronosyltransferase. *Environ. Health Perspect.* 2008, *115* (6), 740-745.
- [27] Nakamura, D., Yanagiba, Y., Ito, Y., Okamura, A., Asaeda, N., Tagawa, Y., Li, C., Taya, K., Zhang, S.Y., Naito, H., Ramdhan, D.H., Kamijima, M., Nakajima, T. Bisphenol A may cause



- testosterone reduction adversely affecting both testis and pituitary system similar to estradiol. *Toxicol. Lett.* 2010, 194 (1-2), 16-25.
- [28] Frohlich, E.; Samberger, C.; Kueznik, T.; Absenger, M.; Roblegg, E.; Zimmer, A.; Pieber, T. R., Cytotoxicity of nanoparticles independent from oxidative stress. *The Journal of Toxicological Sciences* 2009, 34, (4), 363-375.
- [29] Andrady, A. L.; Rajapakse, N., Additives and Chemicals in Plastics. In *Hazardous chemicals associated with plastics in environment*, Takada, H.; Karapanagioti, H. K., Eds. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2017; pp 1-17.
- [30] Manoli, E.; Voutsas, D., Food Containers and Packaging Materials as Possible Source of Hazardous Chemicals to Food. In *Hazardous chemicals associated with plastics in environment*, Takada, H.; Karapanagioti, H. K., Eds. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2017; pp 1-32.
- [31] Nakashima, E.; Isobe, A.; Kako, S. i.; Itai, T.; Takahashi, S., Quantification of Toxic Metals Derived from Macroplastic Litter on Ookushi Beach, Japan. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, (18), 10099-10105.
- [32] Hirai, H.; Takada, H.; Ogata, Y.; Yamashita, R.; Mizukawa, K.; Saha, M.; Kwan, C.; Moore, C.; Gray, H.; Laursen, D.; Zettler, E. R.; Farrington, J. W.; Reddy, C. M.; Peacock, E. E.; Ward, M. W., Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 2011, 62, (8), 1683-1692.
- [33] Chen, Q.; Reisser, J.; Cunsolo, S.; Kwadijk, C.; Kotterman, M.; Proietti, M.; Slat, B.; Ferrari, F. F.; Schwarz, A.; Levivier, A.; Yin, D.; Hollert, H.; Koelmans, A. A., Pollutants in Plastics within the North Pacific Subtropical Gyre. *Environ. Sci. Technol.* 2018, 52, (2), 446-456.
- [34] Tanaka, K.; Takada, H.; Yamashita, R.; Mizukawa, K.; Fukuwaka, M.-a.; Watanuki, Y., Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Mar. Pollut. Bull.* 2013.
- [35] Tanaka, K.; van Franeker, J. A.; Deguchi, T.; Takada, H., Piece-by-piece analysis of additives and manufacturing byproducts in plastics ingested by seabirds: Implication for risk of exposure to seabirds. *Mar. Pollut. Bull.* 2019, 145, 36-41.
- [36] Yamashita, R.; Tanaka, K.; Yeo, B. G.; Takada, H.; Franeker, J. A. v.; Dalton, M.; Dale, E., Hazardous chemicals in plastics in marine environments: International Pellet Watch. In *Hazardous chemicals associated with plastics in environment*, Takada, H.; Karapanagioti, H. K., Eds. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2018; pp 163-184.
- [37] Sun, B.; Hu, Y.; Cheng, H.; Tao, S., Releases of brominated flame retardants (BFRs) from microplastics in aqueous medium: Kinetics and molecular-size dependence of diffusion. *Water Research* 2019, 151, 215-225.
- [38] Teuten, E. L.; Saquing, J. M.; Knappe, D. R. U.; Barlaz, M. A.; Jonsson, S.; Bjorn, A.; Rowland, S. J.; Thompson, R. C.; Galloway, T. S.; Yamashita, R.; Ochi, D.; Watanuki, Y.;

- Moore, C.; Pham, H. V.; Tana, T. S.; Prudente, M.; Boonyatumanond, R.; Zakaria, M. P.; Akkhavong, K.; Ogata, Y.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Mizukawa, K.; Hagino, Y.; Imamura, A.; Saha, M.; Takada, H., Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 2009, *364*, (1526), 2027-2045.
- [39] Ogata, Y.; Takada, H.; Mizukawa, K.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Endo, S.; Mato, Y.; Saha, M.; Okuda, K.; Nakashima, A.; Murakami, M.; Zurcher, N.; Booyatumanondo, R.; Zakaria, M. P.; Dung, L. Q.; Gordon, M.; Miguez, C.; Suzuki, S.; Moore, C.; Karapanagioti, H. K.; Weerts, S.; McClurg, T.; Burrell, E.; Smith, W.; Van Velkenburg, M.; Lang, J. S.; Lang, R. C.; Laursen, D.; Danner, B.; Stewardson, N.; Thompson, R. C., International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal Waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Mar. Pollut. Bull.* 2009, *58*, (10), 1437-1446.
- [40] Endo, S.; Takizawa, R.; Okuda, K.; Takada, H.; Chiba, K.; Kanehiro, H.; Ogi, H.; Yamashita, R.; Date, T., Concentration of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Beached Resin Pellets: Variability among Individual Particles and Regional Differences. *Mar. Pollut. Bull.* 2005, *50*, (10), 1103-1114.
- [41] Rochman, C. M.; Hoh, E.; Hentschel, B. T.; Kaye, S., Long-Term Field Measurement of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris. *Environ. Sci. Technol.* 2013, *47*, (3), 1646-1654.
- [42] Endo, S.; Yuyama, M.; Takada, H., Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets. *Mar. Pollut. Bull.* 2013, *74*, (1), 125-131.
- [43] Karapanagioti, H. K.; Klontza, I., Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on Lesbos island beaches (Greece). *Marine Environmental Research* 2008, *65*, (4), 283-290.
- [44] Heskett, M.; Takada, H.; Yamashita, R.; Yuyama, M.; Ito, M.; Geok, Y. B.; Ogata, Y.; Kwan, C.; Heckhausen, A.; Taylor, H.; Powell, T.; Morishige, C.; Young, D.; Patterson, H.; Robertson, B.; Bailey, E.; Mermoz, J., Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Mar Pollut Bull* 2012, *64*, (2), 445-448.
- [45] Ryan, P. G.; Connel, A. D.; Gardner, B. D., Plastic Ingestion and PCBs in Seabirds: Is There a Relationship? *Mar. Pollut. Bull.* 1988, *19*, (4), 174-176.
- [46] Yamashita, R.; Takada, H.; Fukuwaka, M.-a.; Watanuki, Y., Physical and chemical effects of ingested plastic debris on short-tailed shearwaters, *Puffinus tenuirostris*, in the North Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 2011, *62*, (12), 2845-2849.
- [47] Tanaka, K.; Takada, H.; Yamashita, R.; Mizukawa, K.; Fukuwaka, M.-a.; Watanuki, Y., Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Mar. Pollut. Bull.* 2013, *69*, (1-2), 219-222.

- [48] Hardesty, B. D.; Holdsworth, D.; Reville, A. T.; Wilcox, C., A biochemical approach for identifying plastics exposure in live wildlife. *Methods in Ecology and Evolution* 2015, 6, (1), 92-98.
- [49] 比企 永子; 高田 秀重; 山下 麗; 佐藤 博也; 綿貫 豊; 田中 厚資, 尾腺ワックスを用いた海鳥のプラスチック汚染および残留性有機汚染物質 (POPs) のグローバルサーベイランス, 第27回環境化学討論会, 沖縄, 2018; 日本環境化学会: 沖縄.
- [50] Fossi, M. C.; Coppola, D.; Bainsi, M.; Giannetti, M.; Guerranti, C.; Marsili, L.; Panti, C.; de Sabata, E.; Clò, S., Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark (*Cetorhinus maximus*) and fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Environmental Research* 2014, 100, 17-24.
- [51] Rochman, C. M.; Lewison, R. L.; Eriksen, M.; Allen, H.; Cook, A.-M.; Teh, S. J., Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish tissue may be an indicator of plastic contamination in marine habitats. *Science of The Total Environment* 2014, 476-477, 622-633.
- [52] Jang, M.; Shim, W. J.; Han, G. M.; Rani, M.; Song, Y. K.; Hong, S. H., Styrofoam Debris as a Source of Hazardous Additives for Marine Organisms. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, (10), 4951-4960.
- [53] 田中 菜々, 高田 秀重, 水川 薫子, 高田 尚彦, 大垣 多恵, 沖縄海岸生物へのプラスチック経路の有害化学物質の曝露と蓄積, 第28回環境化学討論会, 埼玉, 2019, P-119.
- [54] Tanaka, K.; Watanuki, Y.; Takada, H.; Ishizuka, M.; Yamashita, R.; Kazama, M.; Hiki, N.; Kashiwada, F.; Mizukawa, K.; Mizukawa, H.; Hyrenbach, D.; Hester, M.; Ikenaka, Y.; Nakayama, S. M. M., In vivo accumulation of plastics-derived chemicals into seabird tissues. *Current Biology* 2020, 30, (4), 723-728.
- [55] Browne, M. A.; Niven, S. J.; Galloway, T. S.; Rowland, S. J.; Thompson, R. C., Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology* 2013, 23, (23), 2388-2392.
- [56] Wardrop, P.; Shimeta, J.; Nugegoda, D.; Morrison, P. D.; Miranda, A.; Tang, M.; Clarke, B. O., Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, (7), 4037-4044.
- [57] Rochman, C. M.; Hoh, E.; Kurobe, T.; Teh, S. J., Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Sci. Rep.* 2013, 3.
- [58] Bakir, A.; Rowland, S. J.; Thompson, R. C., Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environ. Pollut.* 2014, 185, 16-23.

- [59] Tanaka, K.; Takada, H.; Yamashita, R.; Mizukawa, K.; Fukuwaka, M.-a.; Watanuki, Y., Facilitated Leaching of Additive-Derived PBDEs from Plastic by Seabirds' Stomach Oil and Accumulation in Tissues. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, (19), 11799-11807.
- [60] Gouin, T.; Roche, N.; Lohmann, R.; Hodges, G., A Thermodynamic Approach for Assessing the Environmental Exposure of Chemicals Absorbed to Microplastic. *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, (4), 1466-1472.
- [61] Tanaka, K.; Yamashita, R.; Takada, H., Transfer of hazardous chemicals from ingested plastics to higher-trophic level organisms. In *Hazardous chemicals associated with plastics in environment*, Takada, H.; Karapanagioti, H. K., Eds. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2018; pp 267–280.
- [62] Clukey, K. E.; Lepczyk, C. A.; Balazs, G. H.; Work, T. M.; Li, Q. X.; Bachman, M. J.; Lynch, J. M., Persistent organic pollutants in fat of three species of Pacific pelagic longline caught sea turtles: Accumulation in relation to ingested plastic marine debris. *Science of The Total Environment* 2018, 610-611, 402-411.
- [63] Rochman, C. M.; Hoh, E.; Kurobe, T.; Teh, S. J., Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 2013, 3, 3263.
- [64] Lavers, J. L.; Hutton, I.; Bond, A. L., Clinical Pathology of Plastic Ingestion in Marine Birds and Relationships with Blood Chemistry. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, (15), 9224-9231.
- [65] 岸 玲子, 荒木 敦子, 宮下 ちひろ, 伊藤 佐智子, 湊屋 街子, 小林 澄貴, 山崎 圭子, アイツバマイ ゆふ, 三浦 りゅう, 田村 菜穂美, 2万人規模の出生コーホートと, 500人規模の小コーホートからなる北海道スタディが目指してきたもの: 環境と子どもの健康—先天異常・発達・アレルギーの15年におよぶ経験と成果—. 日本衛生学雑誌, 2018, 73, 164-177.
- [66] 太田壮一, 第7章化学物質が免疫機構に異常を引き起こす—免疫かく乱とアレルギー疾患, 地球をめぐる不都合な物質、日本環境化学会編、ブルーバックス（講談社、東京）、2019, p. 190-213.
- [67] Levine, H.; Mindlis, I.; Swan, S. H.; Martino-Andrade, A.; Jørgensen, N.; Mendiola, J.; Weksler-Derri, D.; Pinotti, R., Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis. *Human Reproduction Update* 2017, 23, (6), 646-659.
- [68] WHO, WHO calls for more research into microplastics and a crackdown on plastic pollution, News Release, 22 August 2019, Geneva <https://www.who.int/news-room/detail/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>
- [69] WHO, Microplastics in drinking-water, 2019 (ISBN: 978-92-4-151619-8)[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en/)
- [70] 環境省, プラスチックを取り巻く国内状況. 2018.

<図表>

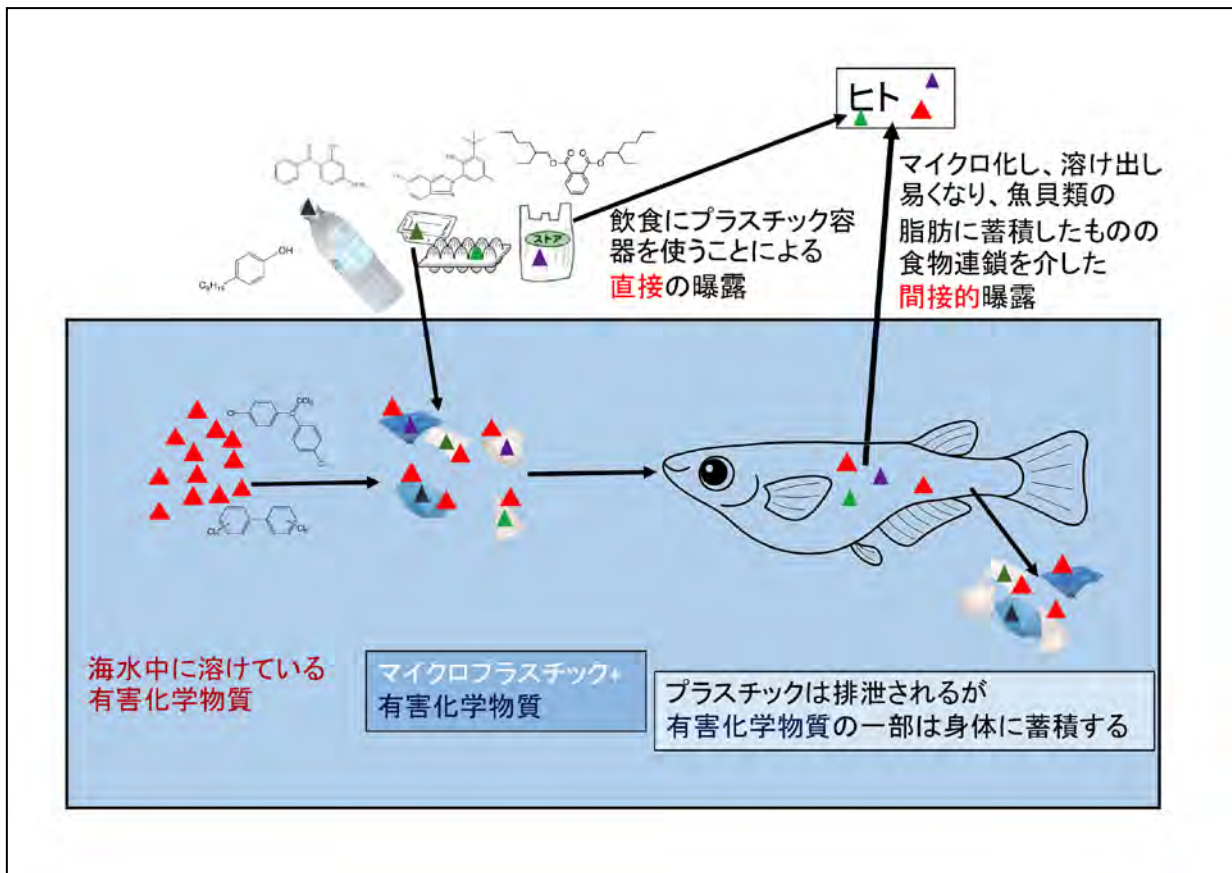


図1. プラスチック添加剤のヒトへの曝露：マイクロプラスチックを介した間接的曝露  
(高田秀重 海洋プラスチック汚染とその対策 学術の動向 24(10);44-48:2019)

区分	1999年(t)	2000年から2017年の変化(t)	2018年(t)
フィルム 計	1,995,909		2,311,711
軟質製品 小計	1,648,460		1,697,988
農業用	126,165		95,191
包装用	1,174,057		1,209,690
ラミネート	129,114		132,999
その他	219,124		260,108
硬質製品 小計	347,449		613,723
シート	336,414		215,415
板 計	151,842		119,513
平 板	109,589		99,277
波 板	42,253		20,236
合成皮革	78,422		58,439
パイプ	686,940		394,465
継手	66,456		44,892
機械器具部品 計	779,780		683,616
輸送機器用	356,749		518,568
電気通信用(含照明用)	287,657		114,134
その他	135,374		50,914
日用品・雑貨	349,954		301,071
容器類 計	442,894		868,001
中空成形容器	364,524		510,028
その他	78,370		357,973
建材 計	312,327		274,138
雨どい・同付属品	37,146		29,290
床 材	137,406		140,149
その他	137,775		104,699
発泡製品 計	377,562		251,866
板 物	93,953		82,633
型 物	80,102		38,266
その他	203,507		130,967
強化製品 計	84,306		72,080
板 物	8,862		
型 物	65,938		
その他	9,506		
その他製品 計	385,891		288,084
異形押出製品(除建材)	34,249		29,817
ホース	46,718		41,540
ディスクレコード	13,485		7,014
その他	291,439		209,713
合 計	6,048,697		5,883,291

図2. プラスチック製品の生産の経年変化（日本プラスチック工業連盟 プラスチック製品生産実績 <http://www.jpif.gr.jp/3toukei/toukei.htm>）を元に令和元年 環境リスク分科会で作成した。各成分の1999年度と2018年度生産高(t)は数値で示し、両年度間の変化をスパークラインで示した。tは生産高トンを示す。製品の項目および合計のラインをグレーで示した。

## <参考資料 1> 提言と関連する SDGs 目標とターゲット

### 目標 3 あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する

- 3.1 2030 年までに、世界の妊産婦の死亡率を出生 10 万人当たり 70 人未満に削減する。
- 3.2 すべての国が新生児死亡率を少なくとも出生 1,000 件中 12 件以下まで減らし、5 歳以下死亡率を少なくとも出生 1,000 件中 25 件以下まで減らすことを目指し、2030 年までに、新生児及び 5 歳未満児の予防可能な死亡を根絶する。
- 3.3 2030 年までに、エイズ、結核、マラリア及び顧みられない熱帯病といった伝染病を根絶するとともに肝炎、水系感染症及びその他の感染症に対処する。
- 3.4 2030 年までに、非感染性疾患による若年死亡率を、予防や治療を通じて 3 分の 1 減少させ、精神保健及び福祉を促進する。
- 3.5 薬物乱用やアルコールの有害な摂取を含む、物質乱用の防止・治療を強化する。
- 3.6 2020 年までに、世界の道路交通事故による死傷者を半減させる。
- 3.7 2030 年までに、家族計画、情報・教育及び性と生殖に関する健康の国家戦略・計画への組み入れを含む、性と生殖に関する保健サービスをすべての人々が利用できるようにする。
- 3.8 すべての人々に対する財政リスクからの保護、質の高い基礎的な保健サービスへのアクセス及び安全で効果的かつ質が高く安価な必須医薬品とワクチンへのアクセスを含む、ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ (UHC) を達成する。
- 3.9 2030 年までに、有害化学物質、ならびに大気、水質及び土壌の汚染による死亡及び疾病の件数を大幅に減少させる。
- 3.a すべての国々において、たばこの規制に関する世界保健機関枠組条約の実施を適宜強化する。
- 3.b 主に開発途上国に影響を及ぼす感染性及び非感染性疾患のワクチン及び医薬品の研究開発を支援する。また、知的所有権の貿易関連の側面に関する協定 (TRIPS 協定) 及び公衆の健康に関するドーハ宣言に従い、安価な必須医薬品及びワクチンへのアクセスを提供する。同宣言は公衆衛生保護及び、特にすべての人々への医薬品のアクセス提供にかかわる「知的所有権の貿易関連の側面に関する協定 (TRIPS 協定)」の柔軟性に関する規定を最大限に行使する開発途上国の権利を確約したものである。
- 3.c 開発途上国、特に後発開発途上国及び小島嶼開発途上国において保健財政及び保健人材の採用、能力開発・訓練及び定着を大幅に拡大させる。
- 3.d すべての国々、特に開発途上国の国家・世界規模な健康危険因子の早期警告、危険因子緩和及び危険因子管理のための能力を強化する。

### 目標 6 すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する

- 6.1 2030 年までに、すべての人々の、安全で安価な飲料水の普遍的かつ衡平なアクセスを達成する。

6.2 2030年までに、すべての人々の、適切かつ平等な下水施設・衛生施設へのアクセスを達成し、野外での排泄をなくす。女性及び女兒、ならびに脆弱な立場にある人々のニーズに特に注意を払う。

6.3 2030年までに、汚染の減少、投棄の廃絶と有害な化学物・物質の放出の最小化、未処理の排水の割合半減及び再生利用と安全な再利用の世界的規模で大幅に増加させることにより、水質を改善する。

6.4 2030年までに、全セクターにおいて水利用の効率を大幅に改善し、淡水の持続可能な採取及び供給を確保し水不足に対処するとともに、水不足に悩む人々の数を大幅に減少させる。

6.5 2030年までに、国境を越えた適切な協力を含む、あらゆるレベルでの統合水資源管理を実施する。

6.6 2020年までに、山地、森林、湿地、河川、帯水層、湖沼を含む水に関連する生態系の保護・回復を行う。

6.a 2030年までに、集水、海水淡水化、水の効率的利用、排水処理、リサイクル・再利用技術を含む開発途上国における水と衛生分野での活動と計画を対象とした国際協力と能力構築支援を拡大する。

6.b 水と衛生の管理向上における地域コミュニティの参加を支援・強化する。

## 目標 11 包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する

11.1 2030年までに、すべての人々の、適切、安全かつ安価な住宅及び基本的サービスへのアクセスを確保し、スラムを改善する。

11.2 2030年までに、脆弱な立場にある人々、女性、子ども、障害者及び高齢者のニーズに特に配慮し、公共交通機関の拡大などを通じた交通の安全性改善により、すべての人々に、安全かつ安価で容易に利用できる、持続可能な輸送システムへのアクセスを提供する。

11.3 2030年までに、包摂的かつ持続可能な都市化を促進し、すべての国々の参加型、包摂的かつ持続可能な人間居住計画・管理の能力を強化する。

11.4 世界の文化遺産及び自然遺産の保護・保全の努力を強化する。

11.5 2030年までに、貧困層及び脆弱な立場にある人々の保護に焦点をあてながら、水関連災害などの災害による死者や被災者数を大幅に削減し、世界の国内総生産比で直接的経済損失を大幅に減らす。

11.6 2030年までに、大気の大気質及び一般並びにその他の廃棄物の管理に特別な注意を払うことによるものを含め、都市の一人当たりの環境上の悪影響を軽減する。

11.7 2030年までに、女性、子ども、高齢者及び障害者を含め、人々に安全で包摂的かつ利用が容易な緑地や公共スペースへの普遍的アクセスを提供する。

11.a 各国・地域規模の開発計画の強化を通じて、経済、社会、環境面における都市部、都市周辺部及び農村部間の良好なつながりを支援する。



11. b 2020 年までに、包含、資源効率、気候変動の緩和と適応、災害に対する強靱さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組 2015-2030 に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の策定と実施を行う。
11. c 財政的及び技術的な支援などを通じて、後発開発途上国における現地の資材を用いた、持続可能かつ強靱（レジリエント）な建造物の整備を支援する。

## 目標 12 持続可能な生産消費形態を確保する

- 12.1 開発途上国の開発状況や能力を勘案しつつ、持続可能な消費と生産に関する 10 年計画枠組み（10YFP）を実施し、先進国主導の下、すべての国々が対策を講じる。
- 12.2 2030 年までに天然資源の持続可能な管理及び効率的な利用を達成する。
- 12.3 2030 年までに小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食品ロスを減少させる。
- 12.4 2020 年までに、合意された国際的な枠組みに従い、製品ライフサイクルを通じ、環境上適正な化学物質やすべての廃棄物の管理を実現し、人の健康や環境への悪影響を最小化するため、化学物質や廃棄物の大気、水、土壌への放出を大幅に削減する。
- 12.5 2030 年までに、廃棄物の発生防止、削減、再生利用及び再利用により、廃棄物の発生を大幅に削減する。
- 12.6 特に大企業や多国籍企業などの企業に対し、持続可能な取り組みを導入し、持続可能性に関する情報を定期報告に盛り込むよう奨励する。
- 12.7 国内の政策や優先事項に従って持続可能な公共調達の慣行を促進する。
- 12.8 2030 年までに、人々があらゆる場所において、持続可能な開発及び自然と調和したライフスタイルに関する情報と意識を持つようにする。
12. a 開発途上国に対し、より持続可能な消費・生産形態の促進のための科学的・技術的能力の強化を支援する。
12. b 雇用創出、地方の文化振興・産品販促につながる持続可能な観光業に対して持続可能な開発がもたらす影響を測定する手法を開発・導入する。
12. c 開発途上国の特別なニーズや状況を十分考慮し、貧困層やコミュニティを保護する形で開発に関する悪影響を最小限に留めつつ、税制改正や、有害な補助金が存在する場合はその環境への影響を考慮してその段階的廃止などを通じ、各国の状況に応じて、市場のひずみを除去することで、浪費的な消費を奨励する、化石燃料に対する非効率な補助金を合理化する。

## 目標 13 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる\*

- 13.1 すべての国々において、気候関連災害や自然災害に対する強靱性（レジリエンス）及び適応の能力を強化する。
- 13.2 気候変動対策を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む。
- 13.3 気候変動の緩和、適応、影響軽減及び早期警戒に関する教育、啓発、人的能力及び

制度機能を改善する。

13. a 重要な緩和行動の実施とその実施における透明性確保に関する開発途上国のニーズに対応するため、2020 年までにあらゆる供給源から年間 1,000 億ドルを共同で動員するという、UNFCCC の先進締約国によるコミットメントを実施するとともに、可能な限り速やかに資本を投入して緑の気候基金を本格始動させる。

13. b 後発開発途上国及び小島嶼開発途上国において、女性や青年、地方及び社会的に疎外されたコミュニティに焦点を当てることを含め、気候変動関連の効果的な計画策定と管理のための能力を向上するメカニズムを推進する。

\*国連気候変動枠組条約（UNFCCC）が、気候変動への世界的対応について交渉を行う基本的な国際的、政府間対話の場であると認識している。

## 目標 14 持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する

14.1 2025 年までに、海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する。

14.2 2020 年までに、海洋及び沿岸の生態系に関する重大な悪影響を回避するため、強靱性（レジリエンス）の強化などによる持続的な管理と保護を行い、健全で生産的な海洋を実現するため、海洋及び沿岸の生態系の回復のための取組を行う。

14.3 あらゆるレベルでの科学的協力の促進などを通じて、海洋酸性化の影響を最小限化し、対処する。

14.4 水産資源を、実現可能な最短期間で少なくとも各資源の生物学的特性によって定められる最大持続生産量のレベルまで回復させるため、2020 年までに、漁獲を効果的に規制し、過剰漁業や違法・無報告・無規制（IUU）漁業及び破壊的な漁業慣行を終了し、科学的な管理計画を実施する。

14.5 2020 年までに、国内法及び国際法に則り、最大限入手可能な科学情報に基づいて、少なくとも沿岸域及び海域の 10 パーセントを保全する。

14.6 開発途上国及び後発開発途上国に対する適切かつ効果的な、特別かつ異なる待遇が、世界貿易機関（WTO）漁業補助金交渉の不可分の要素であるべきことを認識した上で、2020 年までに、過剰漁獲能力や過剰漁獲につながる漁業補助金を禁止し、違法・無報告・無規制（IUU）漁業につながる補助金を撤廃し、同様の新たな補助金の導入を抑制する\*\*。

14.7 2030 年までに、漁業、水産養殖及び観光の持続可能な管理などを通じ、小島嶼開発途上国及び後発開発途上国の海洋資源の持続的な利用による経済的便益を増大させる。

14. a 海洋の健全性の改善と、開発途上国、特に小島嶼開発途上国および後発開発途上国の開発における海洋生物多様性の寄与向上のために、海洋技術の移転に関するユネスコ政府間海洋学委員会の基準・ガイドラインを勘案しつつ、科学的知識の増進、研究能力の向上、及び海洋技術の移転を行う。

14. b 小規模・沿岸零細漁業者に対し、海洋資源及び市場へのアクセスを提供する。
14. c 「我々の求める未来」のパラ 158 において想起されるとおり、海洋及び海洋資源の保全及び持続可能な利用のための法的枠組みを規定する海洋法に関する国際連合条約（UNCLOS）に反映されている国際法を実施することにより、海洋及び海洋資源の保全及び持続可能な利用を強化する。

\*\*現在進行中の世界貿易機関（WTO）交渉および WTO ドーハ開発アジェンダ、ならびに香港閣僚宣言のマンデートを考慮。

## 目標 15 陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、ならびに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する

- 15.1 2020 年までに、国際協定の下での義務に則って、森林、湿地、山地及び乾燥地をはじめとする陸域生態系と内陸淡水生態系及びそれらのサービスの保全、回復及び持続可能な利用を確保する。
- 15.2 2020 年までに、あらゆる種類の森林の持続可能な経営の実施を促進し、森林減少を阻止し、劣化した森林を回復し、世界全体で新規植林及び再植林を大幅に増加させる。
- 15.3 2030 年までに、砂漠化に対処し、砂漠化、干ばつ及び洪水の影響を受けた土地などの劣化した土地と土壌を回復し、土地劣化に荷担しない世界の達成に尽力する。
- 15.4 2030 年までに持続可能な開発に不可欠な便益をもたらす山地生態系の能力を強化するため、生物多様性を含む山地生態系の保全を確実に行う。
- 15.5 自然生息地の劣化を抑制し、生物多様性の損失を阻止し、2020 年までに絶滅危惧種を保護し、また絶滅防止するための緊急かつ意味のある対策を講じる。
- 15.6 国際合意に基づき、遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分を推進するとともに、遺伝資源への適切なアクセスを推進する。
- 15.7 保護の対象となっている動植物種の密猟及び違法取引を撲滅するための緊急対策を講じるとともに、違法な野生生物製品の需要と供給の両面に対処する。
- 15.8 2020 年までに、外来種の侵入を防止するとともに、これらの種による陸域・海洋生態系への影響を大幅に減少させるための対策を導入し、さらに優先種の駆除または根絶を行う。
- 15.9 2020 年までに、生態系と生物多様性の価値を、国や地方の計画策定、開発プロセス及び貧困削減のための戦略及び会計に組み込む。
15. a 生物多様性と生態系の保全と持続的な利用のために、あらゆる資金源からの資金の動員及び大幅な増額を行う。
15. b 保全や再植林を含む持続可能な森林経営を推進するため、あらゆるレベルのあらゆる供給源から、持続可能な森林経営のための資金の調達と開発途上国への十分なインセンティブ付与のための相当量の資源を動員する。
15. c 持続的な生計機会を追求するために地域コミュニティの能力向上を図る等、保護種

の密猟及び違法な取引に対処するための努力に対する世界的な支援を強化する。

(報告 「持続可能な開発目標(SDGs)の達成に向けて 日本の学术界が果たすべき役割」  
平成 29 年 9 月 29 日 日本学術会議環境委員会より抜粋) +69

## <参考資料2>審議経過

2018年（平成30年）

- 3月29日 環境リスク分科会（第1回）
  - 役員を選出について、第24期活動方針について
- 6月22日 環境リスク分科会（第2回）
  - 日本衛生学会との共催シンポジウムについて
  - 日本産業衛生学会との共催シンポジウムについて
  - 第24期提言等のテーマについて
- 9月20日～9月25日 環境リスク分科会（第3回）（メール審議）
  - 日本衛生学会との共催シンポジウムについて
  - 日本産業衛生学会との共催シンポジウムについて
- 12月25日 環境リスク分科会（第4回）
  - 日本衛生学会との共催シンポジウムについて
  - 日本産業衛生学会との共催シンポジウムについて
  - マイクロプラスチックに関する課題について

2019年（平成31年）

- 2月3日 環境リスク分科会（第5回）
  - 日本衛生学会との共催シンポジウムについて
  - 日本産業衛生学会との共催シンポジウムについて

2019年（令和元年）

- 5月25日 環境リスク分科会（第6回）
  - 日本産業衛生学会との共催シンポジウムについて
  - 第24期提言等のまとめの方向性について
- 10月21日 環境リスク分科会（第7回）
  - 提言案「マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス」について承認

### <参考資料3>シンポジウム開催経過

○日本学術会議（健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会）・日本衛生学会共催 市民公開シンポジウム「公害病認定から半世紀経過した今、わたくしたちが考えること—持続可能な開発目標の達成に向けて」

日時 平成 31 年 2 月 3 日（日）

場所 第 89 回日本衛生学会（名古屋大学東山キャンパス）

#### 企画の趣旨

我々は多くの公害病（水俣病、イタイイタイ病、四日市ぜんそく、ヒ素中毒など）に悩まされてきた。国が公害病と認定して半世紀経過した今日、現状はどうであろうか。新たな水質汚染の問題は発生していないであろうか。経験を踏まえた新たな取り組みはどうであろうか。何を未来に残せるであろうか。国連の持続可能な開発目標（Sustainable development goals: SDGs）6 は「すべての人々に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する」を 2030 年までに達成することとし、目標 6 のターゲット 2（6.3）では具体的に、汚染の減少、投棄の廃絶と有害な化学物質・物質の放出の最小化、未処理の排水の割合半減及び再生利用と安全な再利用を世界的規模で大幅に増加させることにより、水質を改善すること、を目指している。目標 3「あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する」のターゲット 3.9 では 2030 年までに、有害化学物質、ならびに大気、水質及び土壌の汚染による死亡及び疾病の件数を大幅に減少させることを、目標 12「持続可能な生産消費形態を確保する」のターゲット 12.4 では 2020 年までに、合意された国際的な枠組みに従い、製品ライフサイクルを通じ、環境上適正な化学物質やすべての廃棄物の管理を実現し、人の健康や環境への悪影響を最小化するため、化学物質や廃棄物の大気、水、土壌への放出を大幅に削減することを目指している。目標 11 では「包摂的で安全かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市及び人間居住を実現する」ことを目標としている。

本シンポジウムでは、「水の汚染」が原因となった公害病を中心に議論し、持続可能な開発目標の達成に向けて行動目標を示すことを目的とする。村田先生は窒素水俣工場のアセトアルデヒド製造工程で使用された無機水銀から副生したメチル水銀による公害に加えて、近年の中国の水銀鉱山周辺の稲のメチル水銀汚染問題を紹介する。青島先生は今なお続くイタイイタイ病について原因となったカドミウムによる水系環境汚染の歴史・対策・現状を紹介する。黒田先生は旧土呂久鉱山で行われた亜ヒ酸製造に伴うヒ素中毒の歴史と現状を紹介する。大塚先生は水俣病諸判決における過失の判断や、国の規制権限不行使の責任、水俣病事件と福島原発事故の異同に触れながら水俣条約の国内実施について紹介する。最後に中村先生は公害を経験した地域として、長い年月をかけて健康を重視した社会の再構築を進めている水俣市の環境モデル都市の取り組みについて紹介する。半世紀という長い年月をかけて公害に対して学術的に対峙してきた成果を市民と共有し、持続可能な社会の実現を目指す議論を深めたい。

演者（敬称略）

座長：那須民江（日本学術会議連携会員・中部大学生命健康科学部特任教授・名古屋大学名誉教授）

野原恵子（日本学術会議連携会員・国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク・健康研究センターフェロー）

講演者およびテーマ

1. 「水俣病」

村田勝敬（日本学術会議連携会員・秋田大学大学院医学系研究科教授）

2. 「イタイイタイ病」

青島恵子（日本学術会議連携会員・医療法人社団継和会萩野病院院長）

3. 「土呂久ヒ素中毒」

黒田嘉紀（宮崎大学医学部社会医学講座公衆衛生学分野教授）

4. 「公害裁判から未来の行動目標へ」

大塚 直（日本学術会議連携会員・早稲田大学法学部教授）

5. 「環境モデル都市の取り組み」

中村桂子（日本学術会議連携会員・東京医科歯科大学大学院国際保健医療事業開発学教授）

○日本学術会議（健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会）・日本産業衛生学会共催 市民公開シンポジウム「有害物質の環境循環と健康—持続可能な開発目標 12「つくる責任、つかう責任」をめぐる」

日時 令和元年5月25日（土）

場所 第92回日本産業衛生学会（名古屋国際会議場）

企画の趣旨

過去に使用された有害物質の廃棄方法や環境に循環している物質の動態はどうなっているのでしょうか？持続可能な開発目標（SDGs）12「持続可能な生産と消費を考える」の4では「2020年までに合意された国際的枠組みに従い、製品やライフサイクルを通じ、環境上適正な化学物質やすべての廃棄物の管理を実現し、人の健康や環境への悪影響を最小化するため、化学物質の大気、水、土壌への放出を大幅に制限する」としている。日本産業衛生学会は本来ものつくりに関わる労働者の健康を考える学会である。労働衛生は勿論の責務であるが、作り出された物に対する責任もある。PCBや水銀などはどのように廃棄処理されているのでしょうか？建築物等に使用されているアスベストは2012年に全面使用禁止となったが、現在除去工事に伴う飛散による幼稚園児や駅利用者への曝露事故が報告されている。このような場合は健康リスク評価が必要であるが、果たして適切に行われているのでしょうか。環境中に投棄されたプラスチックゴミは紫外線によって小片化（マイク

ロプラスチック) し、疎水性の化学物質 (例えばペルフルオロ化合物類) を吸着する。この生態系への影響あるいはそれを介したヒトへの影響はまだ解明されていない。SDGs14.2では「2020年までに、海洋及び沿岸の生態系に関する重大な悪影響を回避するため、強靱性(レジリエンス)の強化などによる持続的な管理と保護を行い、健全で生産的な海洋を実現するため、海洋及び沿岸の生態系の回復のための取組を行う」という目標を掲げている。東京電力福島第一原子力発電所の事故では広範囲に放射性物質が拡散した。日常生活で原子力発電の恩恵を受けている我々であるが、一旦事故が起きた場合の放射性物質の環境循環と日常生活への影響や汚染除去の困難さなどについて国民と考える必要がある。

この公開シンポジウムでは、持続可能な開発目標(SDGs)の達成に向けて、益永先生には我が国の有害化学物質の管理状況とその問題点を、久永先生にはこれまでのアスベスト関連がんの患者と曝露の増加が続いている現在、何を学び、今後に生かすかを、高田先生には現在もっとも注目されている海洋マイクロプラスチック汚染と付随する化学物質を予防原則的視野から、最後に近藤先生からは東京電力福島第一原子力発電所の爆発事故後の某避難地区をとりあげ、避難中・避難後の汚染状況と、課題解決を目指した超学際的な取り組みについてご講演いただき、特に「目標12 持続可能な生産消費形態を確保する」ために日本学術会議が果たすべき役割を市民と議論したい。

演者(敬称略)

座長: 那須民江(日本学術会議連携会員・中部大学生命健康科学部特任教授)

續 輝久(日本学術会議連携会員・九州大学名誉教授)

講演者およびテーマ

1. 「わが国の製品中有害化学物質の管理とその問題点」  
益永茂樹(日本学術会議連携会員・横浜国立大学名誉教授)
2. 「アスベスト飛散事故による市民の被曝と健康リスク管理」  
久永直見(愛知学泉大学 非常勤講師)
3. 「海洋マイクロプラスチック汚染とその対策」  
高田秀重(東京農工大学農学部環境資源科学科教授)
4. 「環境における放射性物質の循環と暮らしの再生」  
近藤昭彦(日本学術会議連携会員・千葉大学環境リモートセンシング研究センター教授)



## <参考資料4> 「学術の動向」の執筆

「学術の動向」に2つのシンポジウムの内容を整理して（主に環境リスク分科会メンバーが）執筆した特集を掲載。

2019年10月号（第24巻第10号 通巻第283号）

### 特集

持続可能な開発目標（SDGs）の達成に向けた環境リスクを考える  
ー有害物質と私たちの健康と生活ー

- ・「特集の趣旨」 那須民江

### 第一章 過去の環境リスクの事例解析からの学び

- ・「水俣病」 村田勝敬
- ・「イタイイタイ病：公害病認定後50年間の住民による環境再生の闘いとその成果」 青島恵子
- ・「土呂久砒素中毒」 黒田嘉紀
- ・「四日市公害から学ぶ環境政策と国際環境協力」 朴 恵淑
- ・「我が国で発生した公害から学んだこと」 野原恵子・秋葉澄伯・石塚真由美・那須民江

### 第二章 今、世の中が注視している環境問題

- ・「わが国の製品中有害化学物質の管理とその問題点」 益永茂樹
- ・「市民へのアスベスト曝露の健康リスク評価と管理」 久永直見
- ・「海洋プラスチック汚染とその対策」 高田秀重
- ・「原子力災害における解決と諒解ー犠牲のシステムから関係性を尊重する共生社会へ」 近藤昭彦
- ・「我が国が直面する環境リスクとその管理」 續 輝久・浅見真理・渡辺知保・那須民江

### 第三章 持続可能でウェルビーイング社会の実現に向けて

- ・「未来の洗浄を考える」 金子洋平
- ・「つかう責任ーSDGs 未来都市・小国町の取組」 森 恵美
- ・「公害裁判から未来の行動目標へ」 大塚 直
- ・「環境モデル都市の取り組み」 中村桂子

## 提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです<sup>1</sup>。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目を1～11をチェックし、さらに英文タイトル（必須）、英文アブストラクト（任意）、SDGsとの関連の有無（任意）を記載し、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

記入者（委員会等名・氏名）：健康・生活科学委員会・環境学委員会合同

環境リスク分科会 委員長 那須民江

和文タイトル マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス

英文タイトル（ネイティブ・チェックを受けてください）

Necessity of research on ecological and health effects of water pollution by microplastics and plastic governance

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	①. はい 2. いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	①. はい 2. いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定していますか（例：文部科学省研究振興局等）。	①. 部局名：環境省 環境再生・資源循環局 2. いいえ
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。※図表を含む	①. はい 2. いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	①. はい 2. いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり 2 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。	①. はい 2. いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載した。	①. はい 2. いいえ

<sup>1</sup> 参考：日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014 年 5 月 30 日）。

<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/1>

8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」(出典を示さないで引用を行うこと)や、内容をゆがめた引用等は行わず、適切な引用を行った。	①. はい 2. いいえ
9. 既出の提言等との関係	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開している。 既出の提言なし	1. <del>はい</del> 2. <del>いいえ</del>
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	①. はい 2. いいえ
11. 委員会等の趣旨整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	①. はい 2. いいえ
※9で「はい」を記入した場合、その提言等のタイトルと発出委員会・年月日、既出の提言等との関係、相違点等について概要をお書きください		
※チェック欄で「いいえ」を選択した場合、その理由があればお書きください		

◎ SDGs (持続可能な開発目標) との関連 (任意)

以下の17の目標のうち、提出する提言等(案)が関連するものに○をつけてください(複数可)。提言等公表後、学術会議HP上「SDGsと学術会議」コーナーで紹介します。

1. ( ) 貧困をなくそう
2. ( ) 飢餓をゼロに
3. (○) すべての人に保健と福祉を
4. ( ) 質の高い教育をみんなに
5. ( ) ジェンダー平等を実現しよう
6. (○) 安全な水とトイレを世界中に
7. ( ) エネルギーをみんなに、そしてクリーンに
8. ( ) 働きがいも経済成長も
9. ( ) 産業と技術革新の基盤をつくろう
10. ( ) 人や国の不平等をなくそう
11. (○) 住み続けられるまちづくりを
12. (○) つくる責任つかう責任
13. (○) 気候変動に具体的な対策を
14. (○) 海の豊かさを守ろう
15. (○) 陸の豊かさも守ろう
16. ( ) 平和と公正をすべての人に
17. ( ) パートナリシップで目標を達成しよう

※「持続可能な開発目標(SDGs)」とは

2015年9月に国連総会が決議した「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」が掲げた目標。

詳細は国連広報センターHPをご覧ください。

[http://www.unic.or.jp/activities/economic\\_social\\_development/sustainable\\_development/2030agenda/](http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/)

---

## 提言等公表時のSDGs説明

この説明は、日本学術会議の意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）を日本学術会議ホームページのSDGsコーナーで紹介し、多くの関係者の閲読を促進するためのものです。

提言提出時のチェックシートにおいてSDGsとの関連に記述した場合は、日本語紹介文と英文アブストラクトを記載し、提出してください。

記入者（委員会等名・氏名）：健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会  
委員長 那須民江

和文タイトル マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス

---

### ◎ SDGs（持続可能な開発目標）との関連

チェックシートで選択した項目に○をつけてください。

1. ( ) 貧困    2. ( ) 飢餓    3. (○) 健康    4. ( ) 教育    5. ( ) ジェンダー平等  
6. (○) 安全な水    7. ( ) エネルギー    8. ( ) 経済成長    9. ( ) 産業と技術革新  
10. ( ) 不平等    11. (○) まちづくり    12. (○) つくるつかう責任    13. (○) 気候変動  
14. (○) 海の豊かさ    15. (○) 陸の豊かさ    16. ( ) 平和と公正    17. ( ) パートナリシップ

### ◎ 和文紹介文 200字以内

海洋のプラスチック汚染は有害化学物質の運び屋となるマイクロプラスチックの起源となり、持続可能な社会とは相容れない。「我々の世界を変革する：持続可能な開発のためのアジェンダ 2030(SDGs)」の目標 11「住み続けられるまちを」、12「つくる責任つかう責任」、13「気候変動に具体的な対策を」、14「海のゆたかさを守ろう」および15「陸のゆたかさも守ろう」を達成するためには、官・民・学・企業が協働して喫緊に取り組む必要がある。

### ◎ 英文アブストラクト 150 words 以内

The worldwide plastic pollution of the ocean is the origin of microplastics that carry hazardous chemicals and is incompatible with a sustainable society. In order to achieve goals of “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development Goals (SDGs)” such as 11 “Sustainable cities and communities”, 12 “Responsible consumption, production”, 13 “Climate action”, 14 “Life below water” and 15 “Life on land”, it is necessary for the government, private sector, academia, and companies to work together urgently.

### ◎ キャッチフレーズ 20字以内

海洋マイクロプラスチック汚染防止に行動を

### ◎ キーワード 5つ程度

海洋プラスチック汚染、マイクロプラスチック、生態系、有害化学物質、ガバナンス