

プラスチックによる海洋汚染の現状 - 科学的事実とソリューション -



特集
ハイテク推進
セミナー

国立大学法人 京都大学 学際融合教育研究センター
特定講師 島村 道代 氏

1. SDGs と海洋プラスチック問題

2015年9月25日、第70回国連総会でSDGs（持続可能な開発のための2030アジェンダ）が全会一致で採択された。アジェンダは17の目標と169のターゲットからなり、国連に加盟するすべての国は、2030年までに貧困や飢餓、エネルギー、気候変動など、持続可能な開発のための諸目標を達成すべく力を尽くす。この中で、目標14（SDG14）が海洋に関するもので「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」とされている。またSDG14は10のターゲットからなるが、そのひとつめである14.1で「2025年までに、海洋堆積物や富栄養化を含む、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」としている。

ここで言う「海洋汚染」とは具体的に何を示すのか。明確な定義が存在する。国連海洋法条約の第一条によれば「人間による海洋環境への物質又はエネルギーの直接的又は間接的な導入であって、生物資源及び海洋生物に対する害、人の健康に対する危険、海洋活動に対する障害、海水の水質を利用に適さなく

すること並びに快適性の減殺のような有害な結果をもたらす又はもたらすおそれのあるもの」と定義されている。

近年、注目されている海洋汚染としてプラスチック問題があげられる。人類が石油から作り、その機能性や耐久性・安価であることから戦後、世界中に急激に広まったプラスチックは、我々の生活を便利で安全なものに変えてくれた。一方で、ひとたびプラスチックが海洋へ流出すれば、環境中で分解されにくく有害物質を吸着しやすい「汚染物質の運び屋」へと変貌する。

特に、マイクロプラスチック（以下、MP）と呼ばれる、5mm以下のプラスチック片の、人間への影響が懸念されている。MPは石油を起源とするため、有機物を吸着しやすい。そのせいで海洋に極めて薄く広く、広がっているDDTなどの生物残留性有機汚染物質（POPs）を吸着、高濃度に蓄積することで有害物質の運び屋になる。さらにMPがプランクトン等の海洋生物に取り込まれ、食物連鎖に侵入する可能性が指摘されている。



講師 島村 道代 氏

1. はじめに: SDGsと海洋プラスチック問題

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

持続可能な開発のための2030アジェンダ・ロゴ。アジェンダは17の目標と169のターゲットからなる。

2. 海洋汚染物質としてのプラスチック～汚染の科学的事実～

a) 海辺のごみ

海辺にごみが落ちていることは、経験的に誰もが知っている。木片や貝殻などの自然ごみ、煙草の吸殻や空き缶など人が出したごみ、実に様々なごみが落ちている。こうしたごみを、毎年9月の第3土曜日に世界中の海辺で一斉に拾う「国際海岸クリーンアップ (以下、ICC)」という活動がある。ICCは1986年に「テキサス海岸クリーンアップ」として、米国・テキサス州の海岸12地点で始められた清掃活動で、現在までその規模を大きくしながら続いている。

ICCの報告によれば、2017年、イベントの開始以来、初めて海岸で見つかった“人が出すごみ”のトップ10、全てがプラスチック製品となった。そして2018年・2019年も同様に、トップ10はプラスチック製品で占められた。そしてその全てのアイテムが、食品包装や飲料用ペットボトルなど、我々が日常生活で使うものであった。ちなみに2016年以前および2020年は、飲料用ビン・カンや紙袋といった日常的な非プラスチックごみもランク入りしている。今後、海辺で見つかるごみがどう変わって行くのか、人の出すごみが無くなる未来を祈りつつ見守りたい。

2. 海洋汚染物質としてのプラスチック～汚染の科学的事実～

a) 海辺のごみ



International Coastal Cleanup:
毎年9月第3土曜日に世界中のビーチでゴミ拾い

b) 深海のごみ

実は、我々に身近な海辺で見つかるごみは、深海でも見つかる。海洋開発研究機構 (以下、JAMSTEC) は、保有する潜水調査船や無人探査機等による潜行調査で撮影された映像や画像に写った、

深海に沈む“ごみ”の情報を「深海デブリデータベース (以下、DB)」として公開している。DBでは、同定した海底ごみの種類による分類や情報リスト、映像や画像が撮影された潜行調査地点詳細など、深海で見つかった人の出したごみひとつひとつを詳しく紹介している。ちなみにDBには、JAMSTECが深海調査を開始した1982年からのデータが収録されており、海底に沈む最も古いプラスチックごみは1983年のものが確認できる。また最も深い地点で見つかったプラスチックごみは、地球表層最深部であるマリアナ海溝のもので、水深10,898mの地点からポリ袋の破片が見つまっている。つまり、人類の影響は既に深海にまで及んでいるのだ。

2. 海洋汚染物質としてのプラスチック～汚染の科学的事実～

b) 深海のごみ

Mannequin Head



Location: Japan Trench
Depth: 6,280m
Year: 1991

Plastic Bags



Location: Mariana Trench
Depth: 10,898m (Deepest in DB)
Year: 1998/05/20

c) 海洋マイクロプラスチック問題

果たして海洋は「人類のごみ箱」なのだろうか？ 残念ながら答えは“Yes”であり、そのことは海洋関係者には古くから知られた事実であった。第二次世界大戦後、石油を原材料とする合成樹脂、則ちプラスチックが日用品に広く使われるようになって間

もなく、1972年にアメリカの科学誌「サイエンス」に海面に漂うプラスチック片に関する報告がなされ、将来的な海洋プラスチックの増加を懸念した論文が発表された。しかしその懸念は、2000年頃まであまり顧みられることはなく、浜辺に漂着したプラスチックごみによる景観や環境の悪化、それらの回収・撤去費用問題、また他国から流れ着いた危険ごみ等による越境汚染等々、大型のプラスチックごみが主たる問題と考えられていた。ところが2000年代に入り、前述の通り、プラスチックは大きさによらず POPs を吸着し有害物質の運び屋になること、MP は海水・海底堆積物などあらゆる場所に存在し、プランクトン等海生生物に取り込まれ、生態系に侵入する可能性が指摘される、つまり「有害物質を吸着した MP を体内に取り込んだ海生生物から食物連鎖によって人類へ影響する可能性」が懸念されるに至って、新たな局面を迎えることとなった。



2. 海洋汚染物質としてのプラスチック～汚染の科学的事実～ c) 海洋マイクロプラスチック問題



戦後、石油を原材料とする合成樹脂(プラスチック)が日用品に広く採用される。

- 1972年: 海面に漂うプラスチック片が学術誌に報告される (Carpenter and Smith, *Science*)。→ 将来的な海洋プラスチックの増加を懸念。

Plastics on the Sargasso Sea Surface
Abstract: Plastic particles, in concentrations averaging 5500 pieces and 200 grams per square kilometer, are widespread in the western Sargasso Sea. Pieces are brittle, apparently due to the weathering of the plasticizers, and many are in a pellet shape about 0.25 to 0.5 centimeters in diameter. The particles are surfaces for the attachment of diatoms and hydroids. Increasing production of plastics, combined with present non-biodegradable practices, will undoubtedly lead to increases in the concentration of these particles. Plastics could be a source of some of the polychlorinated biphenyls recently observed in oceanic organisms.

While sampling the pelagic Sargasso Sea, we encountered plastic particles in our meshed haulnet nets. The occurrence of these particles on the sea surface has not yet been noted in the literature. We also collected petroleum lumps, which have received attention (1, 2).

SCIENCE, VOL. 175



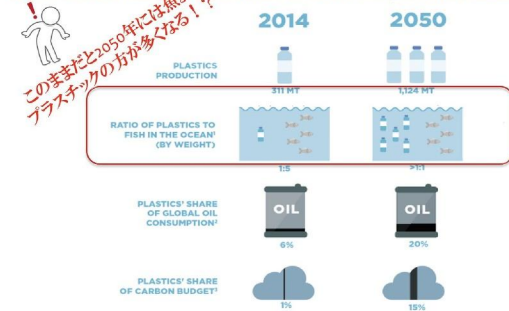
Fig. 1. Typical plastic particles from net 2. White particles are on the left.

そして2010年代に入り、新たに3つの不都合な真実が明らかになる。まず、①プラスチックごみの

およそ80%は陸から海に流れ出ていること、さらに②陸からプラスチックごみが流れ出る原因はプラスチックの物理的な使用量ではなく、使用後の不適切なごみ処理が原因であること、そして③1950年から2015年の65年間で83億トンのプラスチックが生産され、49億トンが埋め立てもしくは環境中に排出されたと推定されること、である。特に①と②に関連して、2015年の「サイエンス」に、2010年に陸域から海へ流れ出たプラスチックごみ発生量の、国別推計値が発表された。これによれば、1～6位をアジアの国々が独占、またトップ10のうち実に8ヶ国がアジアの国という結果となった。つまりアジア地域は、プラスチックごみ海洋流出の「ホットスポット」と言える。また、日本・台湾・韓国・香港・シンガポールを除くアジアの国々では、プラスチックごみの不適切処理により、使用量のおよそ50～90%が海洋に流出していると見積もられている。

さて我々人類がこのまま、プラスチックを使い続け、不適切なごみ処理をし続けると、どうなるのだろうか? その答えは、2050年には120億トンのプラスチックが埋め立てもしくは環境中に排出される、つまり魚よりプラスチックの方が多くなると予想されている。

Figure 5: Forecast of Plastics Volume Growth, Externalities and Oil Consumption in a Business-As-Usual Scenario



1 Fish stocks are assumed to be constant (conservative assumption)
2 Total oil consumption expected to grow slower (0.5% p.a.) than plastics production (0.8% until 2030 then 3.5% to 2050)
3 Carbon from plastics includes energy used in production and carbon released through incineration and/or energy recovery after-use. The latter is based on 14% incineration and/or energy recovery in 2014 and 20% in 2050. Carbon budget based on 2-degree scenario.

The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics (2016)

3. 問題を取り巻く社会の状況

a) 欧州の「予防原則」と「循環型経済」

MP 海洋汚染による生態系への影響が懸念されるなか、これにいち早く反応したのが欧州 (EU) である。2018年、EUは「循環型経済におけるプラスチックの欧州戦略」を発表した。同戦略の導入背景として、①将来的にプラスチックの需要が増加すると予想さ

れるのに対し、欧州ではリサイクルを目的としたプラスチックの回収が少なく、また再生されたプラスチックの需要も低い、②プラスチックの生産や使用後の焼却を減らし、使用済みプラスチックをリサイクルすることによって、地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出と石油の使用量を減少させられる、また③海洋プラスチックにより環境や健康への影響が懸念されること、が挙げられている。

人類はこれまで、“自然から資源を取得→製品製造→使用→廃棄”という「直線型」の経済活動を行ってきた。しかしリサイクルによって「ループを閉じる (= 廃棄をやめる)」循環型経済への移行を進める、というのがこの戦略の基本である。またプラスチックの生産に使用される石油を減らすことで、脱炭素化を進めることも可能だ。

さらに③と関連して、EU 環境政策の原則である「予防原則」が挙げられる。予防原則は、1992年の国連「環境と開発に関するリオ宣言」において、「深刻なまたは回復不可能な損害のおそれのある場合には、科学的な確定性が充分でないことをもって、環境の悪化を未然に防止するための費用対効果の高い措置を延期する理由としてはならない」としている。EU は、アジアの国々に比べプラスチックの海洋流出は充分少ないが、ゼロではない。だとすれば、環境や健康への影響が懸念される MP の対策を「今」行うことは、環境の悪化を防止する費用対効果の高い措置であると言える。

b) 日本の対応

次に、日本の対策について見ていきましょう。2019年5月、日本国政府が発表した「プラスチック資源循環戦略」では、「3R+Renewable (リニューアブル：持続可能な資源)」を基本としている。従来の施策である3R (リデュース・リユース・リサイクル) にリニューアブルが加わっているが、これは資源の持続可能性を高めるため、プラスチック製の容器や包装・製品の原材料を、再生材や紙・バイオマスプラスチック等の再生可能資源に適切に切り替えることを意味している。特に、ゴミ袋のように焼却せざるを得ないプラスチックは、カーボンニュートラルを目指している。さらにMP対策については、不法投棄撲滅や廃棄物の適正処理に加え、海洋生分解性プラスチックの開発・利用を含む代替イ

ノベーションの推進が提唱されており、日本が得意とするマテリアル開発を通じた課題解決が期待されている。

4. 課題解決に向けた選択

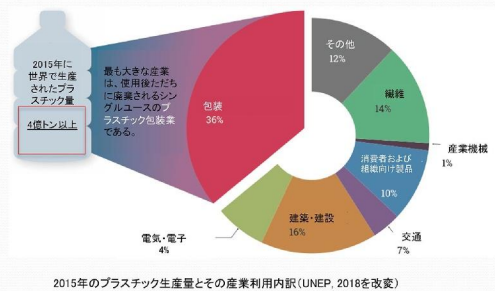
a) 何から始めるか？

国連環境計画の2018年報告によれば、2015年に世界で生産されたプラスチックは4億トン以上と推計されている。このうち最も大きい割合を占める36%が、使用后ただちに破棄されるプラスチック包装資材として利用されている。一方、2番目に大きい割合を占める16%は、建築・建設資材として利用されている。建設業界では、一度資材として利用されると、包装資材と比べて廃棄までに長い年月利用され続けると考えられる。つまり短時間の使用のち廃棄される、包装資材のようなプラスチックが全体の約1/3もの量を占めており、これが適切なおみ処理を受けなかった場合、その量の多さ・利用頻度から、環境に流出しやすいと推察される。

4. 課題解決に向けた選択

a) 何から始めるか？

2018年の報告によれば、パッケージング使用が一番多い



b) 様々な選択肢の中から、何を選ぶのか？

海辺や深海で見つかる人類起源のごみが、我々の日常生活で使うプラスチック製品であるように、プラスチックは既に我々の日常生活と密接に結びつき、あらゆる場面で用いられる、それ自体は安全で扱いが簡便かつ安価に大量に調達できる優れた素材である。また近年の新型感染症拡大により、使い捨ての医療用品や日々の感染予防のためのマスクなどとしても必要不可欠である。これら公衆衛生に関わる物資の量・質を下げたり、コストを必要以上に上げる

ことは、たとえ従来のプラスチック大量生産・大量消費方式による環境負荷が大きかったとしても、人類全体にとって有益とは言えない。昨今の状況は、海洋プラスチック問題を考えるために、環境問題としての側面に限らず、医療や経済も含めたより広い視点で検討する必要があることを示唆している。

海洋に存在する魚よりもプラスチックの方が多くなる未来を回避するためには、どの解決策が最適なのか。欧州のように、廃棄物マネジメントの基本である 3R を完全な循環型へ移行させることは、追加

的な汚染に対するひとつの解決方法であると言える。また、日本のように 3R に加えて持続可能な代替品による課題解決も有効だと考えられる。

けれどプラスチックの代替品は、新たな問題を生み出さないのだろうか。既に環境中へ流出してしまった MP は、回収が極めて困難だと考えられるが、対策は必要ないのか、回収する方法は何もないのだろうか。目先の便益や利益だけではなく、「持続可能性」という視点からの選択が求められる。

