

連載 3 海洋プラスチック汚染の解決に向けたプラスチック資源循環

国立環境研究所 フェロー

大迫 政浩 OSAKO MASAHIRO

京都大学大学院修了後に1992年に厚生省国立公衆衛生院に入所。2001年の省庁再編に伴い国立環境研究所に異動。東日本大震災・原発事故直後の2011年4月から2024年3月まで13年間、資源循環・廃棄物分野のユニット長を務め、現在はフェロー。環境放射能除染学会理事長、廃棄物資源循環学会会長(2024年5月まで)、中央環境審議会循環型社会部会委員など、多数就任。専門は衛生工学。工学博士。



1. はじめに

2024年11月25日から12月1日まで韓国の釜山で開催されたプラスチック条約締結に向けた第5回政府間交渉委員会(INC-5)は、結果的に条約案に関する合意を得ることはできなかった。一次プラスチックの生産量規制等に関する各国間の意見の隔たりが大きく、合意は2025年以降に先送りされたのである。

プラスチックは、加工しやすく、軽くて丈夫、耐熱性もあることから、飲食物や医療品の容器包装、電気電子機器、自動車、建材や医療器具等、身の回りの様々な製品に使用され、私たちの暮らしと産業を支えてきた。しかし、製造・使用・リサイクル・廃棄処分といったライフサイクルを通じて、環境に流出したプラスチックによるマイクロプラスチックを含む海洋汚染が世界的に大きな問題となっている。世界的なルール作りの議論はこのような背景、問題意識から始まった。

本稿では、海洋プラスチックごみの問題解決のために、私たち社会はどのように対処していけばよいか、まずプラスチック条約に関連するこれまでの動向を簡単に整理した後に、プラスチックごみの資源循環の対策を中心に解説したい。

2. プラスチック条約の議論に至る動向

2.1 これまでの経緯

ここまでに至る道りとして主な事項を改めてまとめる。2016年1月にスイス・ダボスで開催された世界経済フォーラムでは、世界の海を漂うプラごみが、重量

ベースで2050年までに魚の量を上回るという衝撃的な予測が発表され、国際社会において危機感が共有された。これを受けて、2019年6月のG20大阪サミットでは2050年までに海洋プラごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す大阪ブルー・オーシャン・ビジョンが合意された。また、2023年5月のG7広島サミットでは、日本が主導して2050年目標を10年前倒しとなる2040年にする野心的合意がなされた。2022年2～3月の国連環境総会(UNEA)では、海洋プラスチック汚染を始めとするプラスチック汚染対策に関する法的拘束力のある国際文書(条約)の策定にむけて議論することが決定された。2024年末までに条約を合意、纏めることを目指し、約170か国の国連加盟国、関係国際機関、NGO等の参加のもとに政府交渉委員会(INC)が開催され議論が行われてきた。そして最終回とされた第5回INCが韓国・釜山で開催されたのである。

2.2 プラスチック条約の構成と日本の主張¹⁾

第4回政府交渉委員会(INC-4、カナダ・オタワにて開催)時点の条約文書草案における構成内容は、①条約の前文・スコープ・目的・原則、②主要義務規定(一次プラスチックポリマー、懸念のある化学物質・ポリマー、問題があり回避可能なプラスチック製品、製品設計、拡大生産者責任(EPR)、廃棄物管理等)、③条約の実施手段・措置(資金・技術支援、国別行動計画等)等となっている。

草案には各国の意見がオプションな記載として組み込まれ、それらを合意のうえでどのように反映していくか、その議論は難航を極めている。多くのテクニカル

な事項を含むため、INC-5 までの会期間に、①懸念のある化学物質、製品設計等の基準など主要義務規定に係る技術的事項、②資金・技術支援等の実施手段に関して専門的・技術的な作業を専門家会合で進めることとなった。

いずれにしても最大の論点は、一次プラスチック（ヴァージンプラスチック）生産量の規制を盛り込むかどうかであり、規制を主張する欧州やアフリカ諸国、プラスチック汚染の影響を受けている島しょ国などに対して、石油産出国は猛反対している構図になったが、日本からは、条約案に対して主に以下の主張を行った。

- ① 条約の目的に明確な年限目標が必要であり、2040年までの追加的汚染をゼロにする野心を盛り込むべきこと
- ② 条約に基づく各国の包括的な義務として、社会全体でプラスチック資源循環メカニズムを構築し、生産から廃棄物管理に至るまでのライフサイクル全体で対応に取り組む規定が必要であること
- ③ 個々の義務規定はプラスチック汚染を抑制するために効果的な措置であることが必要であり、世界一律の生産制限ではなく、使い捨てプラスチックの削減、環境に配慮した製品設計、リユース・リサイクル及び適正な廃棄物管理といった面で野心的に取り組んでいくべきこと
- ④ 条約の実施に関する支援においては、廃棄物管理のための基礎的な社会システムの構築が重要であり、効率的、効果的な措置に重点化し、真に必要な国に対して持続可能な方法で提供されるべきこと、また各国の取組を確実なものとするため、国別行動計画の策定・報告や実施状況の進捗確認のための定期的なレビューが重要であること

その他、包括的な義務規定、製品設計、条約の実施に関する支援等について具体的な提案を行うなど、交渉の進展に貢献すべく努めた。

上述のように、日本としてプラスチック生産規制に明言はしていないが、プラスチック海洋汚染の防止は、生産から廃棄物管理までのライフサイクル全体で対応すべきであるとする意見は、日本で進めてきた循環型社会形成やその下でのプラスチック資源循環戦略の方向性とも一致する。気候変動枠組み条約と同様に国ごと

の事情を勘案していくアプローチがプラスチック海洋汚染の問題解決に機能するののかという点で批判的な指摘もあるが、どのように国際協調していくのかの着地点は見出さなければならない。

今般の INC-5 での合意は見送られたが、国際社会が向き合うべき重大な内容を議論しているだけに、空中分解するのではなく、まずは向かうべき方向性に関して答えを見出し、詳細ルールは段階的に決めていくなど、合意点が見出されることが期待される。

3. 海洋プラスチック問題にどのように対処していくか

3.1 プラスチックの一生（ライフサイクル）の流れと汚染が生じる要因

科学的な調査をもとに持続可能な社会づくりに向けて世界的にメッセージを発信し続けているエレンマッカーサー財団は、プラスチック容器の一生（ライフサイクル）の流れについて、全世界で見た場合の状況を **図1**²⁾³⁾ のように推定している。プラスチックの生産量を 100% としたとき、使用済みのものの 14% が焼却処理やエネルギー回収、14% がリサイクル、40% が埋立処分されているとされる。つまり、7割ほどは適正に管理されている状況であるが、残りの 3割ほどは管理されていない場所に投棄されたり（27.4～30.3%）、海洋に流出したり（1.7～4.6%）していると推定されている。世界のプラスチック容器の生産量は 1 億トンを超えるとされている⁴⁾ ので、割合は低くても膨大なプラスチック容器のごみが海洋に流入していることが理解できる。

このような大量のプラスチックごみの海洋への流出の要因は、発展途上国において十分な廃棄物管理の仕組みが出来ていないことが主なものであるといえる。人々の生活から生じるプラスチックごみを収集して処理するインフラ（収集車両や処理施設など）が整備されていない国が数多くあり、消費後のプラスチック容器などが安易にポイ捨てされ、空き地に散乱している様子が日常の風景になっているのが実情である。

一方で日本の状況はというと、生産・使用後に廃棄

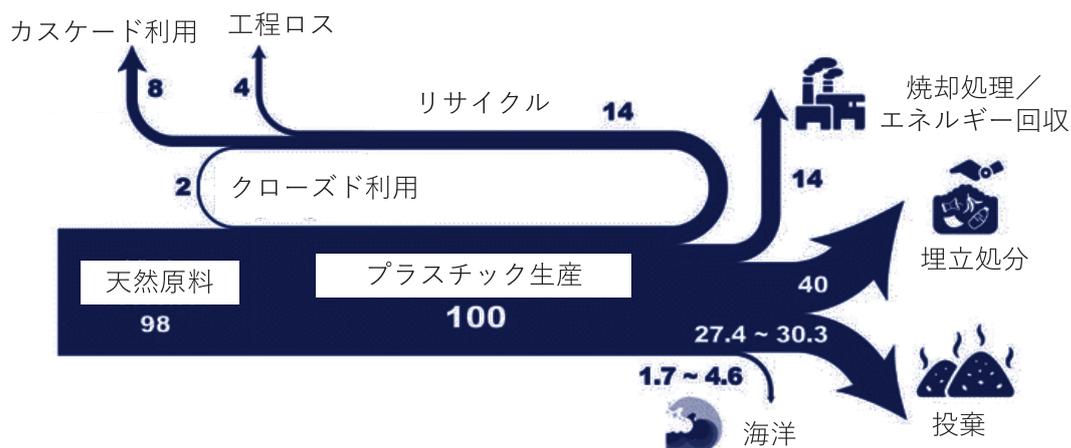


図1 プラスチック容器のライフサイクルにおける流れの状況(文献2をもとに作成された文献3の図を引用し筆者翻訳)

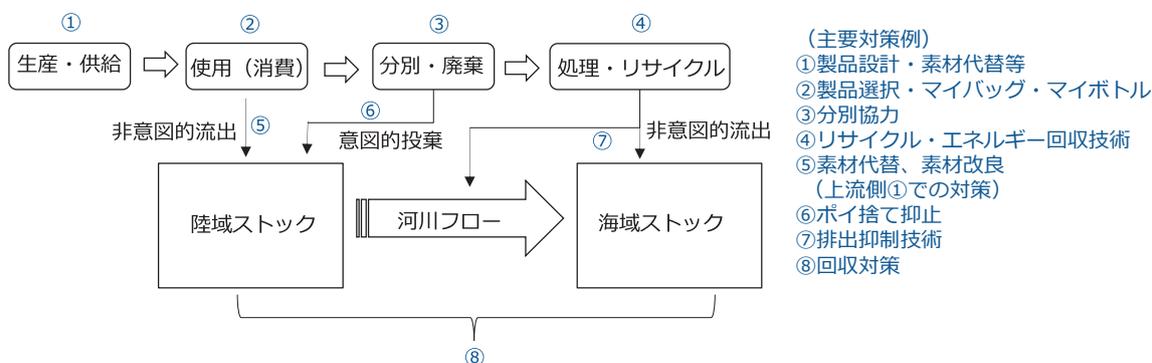


図2 プラスチックの生産から処理・リサイクル、海洋流出までの各段階における管理対策

されたプラスチックは年間 823 万トン (2022 年度実績)⁵⁾ であり、そのほとんどすべてが適切に管理され、処理処分またはリサイクルされている。その内訳は、マテリアルリサイクル (Material Recycling; MR) 22% やケミカルリサイクル (Chemical Recycling; CR) 3% にエネルギー回収 (Energy Recovery; ER) 63%を含めて 87%を有効利用している。また、単純な焼却処理 7%、埋立処分 6%となっており、海洋への流出分は整数一桁では見えないほど微々たるものがある⁵⁾。環境省が 2023 年度に海洋プラスチックごみの流出量を推計した結果⁶⁾をもとに計算すると、推計値には幅があるもののその最大値でも前述の年間廃棄量の約 0.3%と極めて小さい値になる。私たちの周りには、もちろん散乱ごみを見かけることがあり、海岸では他国からのものも含めて漂着ごみが問題になっているが、他の国々に比較すれば、きれいで清潔な環境が保たれていると言える。

3.2 プラスチックの流れから見た対策

以上のように、海洋プラスチック汚染への対策について、世界的にみれば発展途上国で適切な廃棄物管理の仕組みを整備していくことがまずは重要であるが、もう少し詳細かつ網羅的に対策を考えてみたい。すなわち、図2に示すように、プラスチック製品の生産・供給から処理・リサイクル、海洋への流出までのライフサイクルの各段階でプラスチックの管理対策を考えることができる。

それでは、図2に沿ったライフサイクルの各段階のうち、生産・供給(図2の①)、分別・廃棄(③)、処理・リサイクル(④)、使用時からの非意図的流出(⑤)、陸域・海域ストック(⑧)における対策について紹介する。なお、他の段階の対策内容等については別報⁷⁾を参照されたい。



PA（ポリアミド）、PC（ポリカーボネート）、PE（ポリエチレン）、PET（ポリエチレンテレフタレート）、PP（ポリプロピレン）、PHA（ポリヒドロキシアルカン酸）、PLA（ポリ乳酸）、PBAT（ポリブチレンアジペートテレフタレート）、PBS（ポリブチレンサクシネート）、PETS（ポリエチレンテレフタレートサクシネート）

図3 開発導入されているバイオプラスチックの種類（文献8の図に筆者付記）

生産・供給段階（図2の①）

生産・供給段階においては、製品設計や素材代替等の技術がプラスチックごみの発生抑制につながる。例えば、容易に解体できる製品設計にしたり（易解体性）、プラスチック素材を単一樹脂化したりしてリサイクルを容易にする方法などがある。また、プラスチック素材を薄肉化して使用量を減らす、プラスチックの代わりに紙を使って同じ機能をもつ製品をつくる方法などもある。大手のカフェチェーン店で紙の容器やストローが使われてきている状況がその典型例である。

また、近年の動向として「バイオプラスチック」の開発、導入が活発化している。バイオプラスチックには二つの意味があり、植物などの再生可能な有機資源（バイオマス）を原料にしてつくられた「バイオマスプラスチック」と、一定の条件の下で自然界に豊富に存在する微生物などの作用で分解し二酸化炭素や水まで変化する性質をもつ「生分解性プラスチック」の総称を意味している⁸⁾。また後者には化石資源からつくられたものも含まれる。前者のバイオマスプラスチックのメリットは、原料自体がカーボンニュートラル（炭素中立：温室効果ガス（GHGs）排出量が差し引きゼロの意味）なので最終的に燃やされてもGHGs排出に寄与せず、エネルギー回収すれば逆に削減に寄与する可能性がある。一方、製造段階で相当程度のエネ

ルギーを使っている可能性や原料調達が食糧確保と競合する可能性があり注意が必要である。後者の生分解性プラスチックは、最終的に無機物まで分解することからマイクロプラスチックとして残留しにくいことがメリットである。一方で、添加されている共存物質の影響や適切な生分解性の評価方法の確立などの課題に留意しなければならない。図3⁸⁾に開発導入されているバイオプラスチックの種類を挙げた。国では、プラスチック資源循環戦略（2019年策定）に基づいて2030年までに200万トン導入の目標値を掲げている。

分別・廃棄段階（③）

使用済みのプラスチック製品の廃棄段階については、住んでいる地域のルールに基づいて適正に分別してごみステーションなどに排出し、これを行政が回収するやり方と（行政回収）、最近ではスーパーマーケットなどに設置されている回収ボックスに分別して排出するやり方（店頭回収）が主なものである。分別回収の仕方は国によって異なるが、日本ほど排出段階で多分別を行っている国は他にはほとんどない。欧州では数種類（容器包装ごみ、紙ごみ、生ごみ・草木、その他など）に分別し、色分けされたごみ箱にいつでも廃棄できるようにして、これを大型車両で効率的に収集している場合が多い。米国では資源ごみはまとめて

表 1

日本の分類	リサイクルの手法	概要
マテリアルリサイクル (材料リサイクル)	再生利用・プラ原料化 ・プラ製品化	原料にできる樹脂を選別して不純物を除き、再度溶かして原料をつくり、製品に加工
ケミカルリサイクル*1	原料・モノマー化	化学的に分解し原料やモノマーに戻して(解重合)、再度合成して樹脂原料をつくり製品化
	ガス化 油化	化学原料化 少なめの酸素と蒸気を供給して加熱してプラスチックをガス化し、炭化水素、一酸化炭素、水素を生成させて化学原料化、または加熱して油化して石油精製プロセスに戻す
サーマルリサイクル (エネルギー回収)	燃料	加熱油化して、燃料として利用
	・セメント原・燃料化 ・ごみ発電 ・PRF、RDF	主にセメント製造の際の燃料として利用 ごみ焼却施設で処理した際に得られる熱で発電 ペレット化するなどして固形燃料化し産業利用
適正処理	焼却処理・埋立処分	発電無しの単純焼却処理および埋立処分、法律の技術要件に基づいた適正処理

*1 容器包装プラスチック法に基づくケミカルリサイクルには、高炉還元剤(廃プラスチックをコークスの代わりに還元剤として鉄をつくる高炉で利用)、コークス炉化学原料化(廃プラスチックを蒸し焼きにしてコークス代替材やコークス炉ガス(燃料)として利用)も含まれるが、日本特有の分類である。

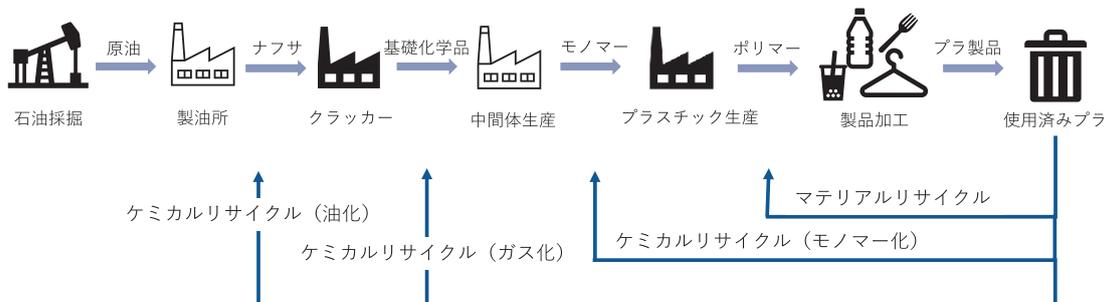


図 4 プラスチック製品生産過程とマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの関係

回収する 경우가多く、これを「シングルストリーム」という。欧米ともに回収後には大型機械でリサイクル可能なものを徹底的に選別している。

日本のように人の手により発生源で丁寧に分別すれば、それだけ異物の少ないプラスチックを回収することができリサイクルしやすくなるが、逆に収集等にかかることから、リサイクルのための品質確保とコストの観点で日本と欧米における長短所の比較検討が必要である。

処理・リサイクル段階(④)

回収されたプラスチックごみをどのように扱うかについては、基本的には炭素循環やエネルギー消費、コスト等の観点から対策方法に優先順位がある。優先順位の高い方からマテリアルリサイクル(MR:材料リサイクル)、ケミカルリサイクル(CR)、エネルギー回収(ER)、単純焼却または埋立処分となっている。そ

れぞれの方法の概要を表1に整理した⁹⁾。

MRにおいては、できるだけ不純物を除き単一の樹脂(ポリエチレン(PE)やポリプロピレン(PP)など)のみを回収して製品化する。しかし、一般に使用済みのプラスチックは品質の劣化がみられ、回収物には異なる樹脂が混じってしまい純度が低下してしまうことから、ほとんどの場合グレードの低い用途への利用にならざるをえない。また、異なる種類の樹脂やアルミなどとの複合製品も多く、品質確保の妨げになる。

CRにはいくつかの方法があるが、モノマー化とガス化、油化については、図4に示すように石油から化学製品を生産するプロセスの途中段階に戻していく技術であり、石油の天然原料からつくられる製品と同等品質のものを得ることができる。しかし、MRよりは一般にエネルギーが多く必要になる。油化は、純度が多少低く異なる樹脂が含まれていても適用可能

だが、プロセス内で塩化水素を生じさせる塩化ビニルの除去が必要である。また、ポリエチレンテレフタレート（PET）などの酸素を含有する樹脂の混入は忌避される。一方、ガス化は幅広い種類の樹脂を受け入れることが可能であり適用範囲の広い技術である。川崎地区には、熱分解ガス化プロセスで水素と二酸化炭素の合成ガスを作り、アンモニア、液化炭酸ガスの原料にするための商用プラントが稼働している。

以上がプラスチックリサイクルの一般的な考え方であるが、当然、より具体的な技術の選択の際は、優先順位が高い技術だからと言って温室効果ガス排出などの環境負荷が大きい技術を選ぶべきではない。ライフサイクルアセスメント（LCA：ある製品・サービスの資源採取から廃棄リサイクルまでのライフサイクル全体における温室効果ガスや他の汚染物質の環境負荷を定量的かつ総合的に評価する手法）などにより総合的な環境負荷を適切に評価して判断していく必要がある。

使用段階からの非意図的流出に対して（⑤）

プラスチック製品の使用段階で、意図せず（非意図的に）プラスチックごみは環境中に排出されるケースがある。典型的なものとして、自動車走行時に合成ゴム製のタイヤの摩耗によって生じる粉塵や、人工芝の劣化等により生じる微細片、農地に施用されたプラスチック被覆肥料、洗顔料、化粧品や工業用研磨材などに使用されている小さなビーズ状のプラスチック（一次マイクロプラスチックという）などの流出が挙げられる。これらは微細なマイクロプラスチックとして汚染につながる可能性があるが、一旦環境に流出・拡散すると回収は不可能である。そこで、劣化・微細化しにくい素材の開発や改良を行っていくことや、逆に生分解性のプラスチック材料を開発し転換していくことが対策の方向性になる。使用時の機能性や長期利用に耐える性能をもつ革新的な海洋生分解性バイオプラスチック素材の開発研究もおこなわれている¹⁰⁾。

陸域・海域におけるストックに対して（⑧）

環境中に漏れ出たプラスチックごみは、すぐに河川を通じて海域に流出するものもあるが、陸域に留まっ

て将来にわたって海域に流出するものも存在する。また、海洋で浮遊し続けたり海底に沈んで堆積したり、一部は海岸に漂着して留まったりする。このようにストックされているプラスチックごみは劣化・微細化していき、潜在的なマイクロプラスチック問題の原因になる。このような既にストックされているプラスチックごみへの対応としては、回収対策の方法しかない。海洋にストックされているものは難しいが、陸域のものは人の手で回収することは可能である。日本には優れた清掃文化があり、クリーンビーチ活動や河川清掃などボランティア活動により、陸域の相当量の散乱ごみが回収されている。筆者らが、複数の流域内で収支解析を行った結果¹¹⁾では、プラスチック使用（廃棄）量の97.11～99.62%が自治体により収集されているが、残りは、割合は小さいものの散乱ごみとして環境中に漏洩する。しかし、0.36～2.87%は清掃活動により回収され、最終的に河川に流出している割合は0.02～0.05%と推計された。清掃活動回収量と河川流出量を比較すると、わが国では散乱ごみのほとんどが清掃活動等により回収されていることが明らかとなった。

このように、日本の街は全体的にはきれいに維持されているが、その理由として、横浜とシンガポールを国際比較し考察した興味深い研究¹²⁾がある。そこでは、シンガポールが強制的なルールやお金をかけて専門事業者により清掃しているのに対して、日本では学校生活での掃除時間の経験など教育的な効果が関係し清掃の意識が定着しており、ポイ捨てが少なく散乱ごみはボランティア活動等により回収されているとの知見が紹介されている。サッカーワールドカップの試合後に日本のサポーターが観客席を片付ける姿は世界的に称賛された。日本の清掃文化の象徴ともいえるのではないだろうか。

4.

おわりに（海洋プラスチック汚染の解決に向けて）

わが国のプラスチックごみへの対策は、既に30年前から本格的に始まっている。最初は急激なごみ発生量

増加による最終処分場ひっ迫などの問題に対処するために、1995年に「容器包装リサイクル法」が制定され、ペットボトルやその他のプラスチック容器包装などを自治体が回収し、生産者の責任でリサイクルすることが義務付けられた。しかし、世界的な海洋プラスチック汚染の問題や循環経済（サーキュラーエコノミー）を推進する潮流を背景に、一層の取組みが社会に要請されてきた。国は2019年に「プラスチック資源循環戦略」を策定し目指すべき方向性を示し、それに基づき2021年には「プラスチック資源循環促進法」が制定され、翌年から施行された。この新しい法律のもとに、設計・製造段階から販売・提供、排出・回収・リサイクルの一連の過程の各断面で、まさに **図2** で示したよ

うな方策が推進され始めている。

さらに欧州では、自動車を生産する時にプラスチック再生材を25%以上利用することを義務付けるルールが2030年から適用されることになりつつある。そのような動きに呼応して、今後はあらゆる製品に再生材（リサイクル材）を利用することが求められていくことも考えられる。このような世界の流れは、再生プラスチックの価値を一気に高め資源循環を加速化させる可能性があり、発展途上国などにも波及すれば、いずれは海洋プラスチックごみの削減にもつながっていくことが期待される。サーキュラーエコノミーは、海洋プラスチックごみ対策の鍵なのである。

参考文献

- 1) 環境省HP：プラスチック汚染に関する法的拘束力のある国際文書（条約）の策定に向けた第4回政府間交渉委員会の結果概要、https://www.env.go.jp/press/press_03107.html（2024年10月18日閲覧）
- 2) Foundation.E.M., Plastics and the Circular Economy. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/plastics-and-the-circular-economy-deep-dive> (accessed Oct.18)
- 3) Royal Science Academy, Expanding plastics recycling technologies: chemical aspects, technology status and challenges. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2022/gc/d2gc02588d> (accessed Oct.18)
- 4) UNEP, Single-use plastics, A roadmap for sustainability, file:///C:/Users/osako/Downloads/singleUsePlastic_sustainability.pdf (accessed Oct.18)
- 5) 一般社団法人プラスチック循環利用協会：2022年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況、2023年12月発行、<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf>（2024年10月18日閲覧）
- 6) 環境省：令和5年度検討結果、日本の海洋プラスチックごみ流出量の推計、https://www.env.go.jp/water/marine_litter/survey/estimates_plastic_waste_in_Japan.html（2024年10月18日閲覧）
- 7) 大迫政浩：プラスチックごみの資源循環～海洋プラスチック汚染の解決に向けて～、現代化学、2024年12月号
- 8) 環境省・経済産業省・農林水産省・文部科学省：バイオプラスチック導入ロードマップ-持続可能なプラスチックの利用に向けて-、令和3年1月、<https://www.env.go.jp/content/900534511.pdf>（2024年10月18日閲覧）
- 9) 一般社団法人プラスチック循環利用協会：プラスチックリサイクルの基礎知識2024、<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>（2024年10月18日閲覧）
- 10) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）：ムーンショット型研究開発事業、生分解のタイミングやスピードをコントロールする海洋生分解性プラスチックの開発、https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100161.html（2024年10月18日閲覧）
- 11) 金子・長谷川・大迫ら：河川流域におけるポイ捨て・散乱ごみの回収活動と河川流出量の実態に関する研究、全国都市清掃研究・事例発表会、2025年2月富山市、発表予定
- 12) Ivy Bee Luan Ong, Benjamin K. Sovacool: A comparative study of littering and waste in Singapore and Japan, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 61, pp. 35-42 (2012)