

## 【ワークショップ報告 第 46 回】 2020 年 6 月 26 日 (金)

### 海洋プラスチックごみ問題

—わかっていることとわかっていないこと

石川 雅紀

ごみじゃぱん代表理事・神戸大学名誉教授

#### 1. はじめに

このワークショップでは海洋プラスチックごみ問題を経済学の視点から検討した。第一にそもそもごみはなぜ発生するのか、その中でも特に日本のごみ管理について振り返る。次にプラスチックごみ問題、また海洋プラスチックごみ問題について検討する。

#### 2. 海洋プラスチックごみ問題について

##### (1) ごみはなぜ発生するか？

ごみ全体の状況を振り返る。

線形経済 (Linear Economy)、リサイクル経済 (Recycling Economy)、循環経済 (Circular Economy) の三つの仕組みが〔代表的に?〕存在する。線形経済は使ってそのまま捨てる、リサイクル経済は何回か使い回して捨てる、循環経済は全部回すという仕組みである。しかし循環経済においてはそれが理念通りに成立するわけではなく、回すためには他のエネルギーも必要になるため、理念的な存在である。

ごみ全体で見て、世界の都市ごみは最近 100 年間で 10 倍の増加となっており、さらに 2025 年に現在の倍になると予測されている。ごみが発生する理由として、経済成長と都市化の二つがある。多くの所得があり、多くを消費するとその分多くのごみが発生するためである。

ごみとくずは同じ意味ではなく、ごみは不要物で値段がないもの、くずは不要物で値段がつく(誰かが必要としている)ものと区別されている。20 世紀初頭までは

(紙) くず拾いなど、くずを商品として扱うような不要物の流れ(くずの流れ)があり、市場で取引されていた。

## (2) 日本のごみ管理を振り返る

開港(1859)以降〔明治維新〕は、日本は西欧諸国からの商品、文化、知識、ライフスタイル、科学・技術、アイデアで溢れるようになり、近代化がなされた。しかし、ものや文化だけではなく、コレラ、腸チフス、ペストなどの伝染病も入ってきた。この当時は病原菌などについての知識がなく、廃棄物管理の焦点は衛星公衆衛生に充てられるようになった。

そして高度経済成長期には、大量生産と深刻な汚染、東京ごみ戦争、所得の向上と通勤、町中の不法投棄、散乱ごみなどの要因が重なりくずはごみとなった。経済成長でごみは激増し、大量消費に伴う大量廃棄という状況になる。石川はそれを神戸市のごみ収集量のグラフ〔1940年 - 2020年までのもの〕を実例として挙げ、家計消費が6.7倍3.9%/年増加するのに比例して、ごみ収集量は5.6倍3.5%/年増加していたことを指摘する。ごみ発生量は家計消費の増加に伴って2000年までに増加した。しかし神戸市の2000年からのごみ収集量の激減を指し〔神戸市だけではなく他の日本の都市でも同現象は発生しているがなぜこの現象が発生したのかは不明〕、制御することは可能であるとする。

ライフスタイルの変化がごみを増やした。冷凍商品などより便利で、自由、安易な生活スタイルは洗練された高度な包装によって実現したが、洗練された包装もごみとなるためである。この便利で自由な都市型のライフスタイルは、飲料の自動販売機、スーパーマーケット、コンビニの普及によってもたらされた(店舗数(設置数)について自動販売機は18%/年(1970年代に導入)、コンビニは12%/年(1980年代に導入)で増加している)。この結果ごみは増えている。

しかし、新規の最終処分場の開設はそれに対し年々困難になっている。最終処分場新規開設容量(5年間)のグラフを挙げている。1980年代から減少傾向にある。環境意識の高まりと共に、最終処分場の新規開設は年を追う毎に困難になっている。住民は、最終処分場が近くにあることを嫌うため確保し辛く、またごみ収集量が減ったため最終処分場を作らなくてもよい状態になったとする。

〔線形経済の〕ごみ問題解決法としてこれ以上最終処分量を削減する余地がないということから、焼却施設やリサイクルを強く推奨する形を取った。

厚生省や、その後ごみを監視するようになった環境省は焼却施設を建て続け、焼却率を1977年55%から2017年に80%へと増加させた。焼却分は大気に放出されるため、最終処分（埋立）量は減少した。最終処分場は1977年45%から2017年には9.4%へと減少し、リサイクル率は2007年以降約20%になった。燃やせるものは全て燃やし、できる限り分別やリサイクルを行い埋めるべき量を減らしていったことから、最終処分場が必要でなくなった。

以上のような経緯から、急速に増加するごみに対する日本の対策として、一番重大な問題は埋立処分場であるとし、埋立量の減容化がその問題の最優先対策だとした。減らすために、まず焼却の徹底をした。焼却の限界を考え、次に資源化による処分量の削減を行った。日本は究極の消費社会を実現し、燃やせるものは全て焼却し、排出源分別も家庭に協力して徹底した。しかし、これらの対策も限界を迎えているということが日本の現状であり、線形経済の究極のあり方であるという。

### （3）プラスチックごみ問題

プラスチックの特徴として、簡単に自由な形に成型できること、軽い、様々な性質〔透明、柔らかさなど〕に成型できる、耐水性があり、ガスを通さない、安価であるというものがある。これらの性質を同時に満たせるような素材はないため、便利であると考えられ多く使用されるようになった。

そのためプラスチックの生産量の成長は、鉄鋼、紙などの素材として驚くべき速度であったという。世界のプラスチック生産量は、1950年から1974年の期間は15.6%/年〔オイルショック前〕、オイルショック以降は値段が上がったため成長率は下がったがそれにもかかわらず1974年以降も5.4%/年成長している。粗鋼生産は1900年以降、3.5%/年、紙・板紙生産量は1950年以降3.8%/年成長している。それらと比較して考えてもプラスチックの生産率は伸びている。使われ始めた年代としても紙はBC3000年にパピルス为原料として作られたのが始まりであり〔あくまでもパピルスは紙のようなものであり、厳密には紙でない〕、BC200年に現在の紙が前漢で作られるようになった（もしくは後漢（0年）の時代）。鉄鋼はBC1400年にヒッタイトで使われ始めた。だが、プラスチックは1950年代に使われるようにな

ったため、他の素材と比べてもごく最近の素材である。

使われた時代が違うことの重要性について、経済的な観点からの違いを挙げる。紙、鉄という素材は、「くず」としての長い歴史がある。近代の工業化、大量生産とは異なり、経済レベルが低いため、前近代では資源は労働よりも遥かに貴重であるという価値観があった。捨てることはなく、手間をかけて再資源化するという手法が一般的である。産業革命が起こったが、「くず」を利用する社会インフラも近代化した。[労働賃金上がるなど再資源化は要素としては不利であり、天然資源の方が有利な立場にあるが、時代の流れとして再資源化の手法は残っていった。]

そのような「くず」としての長い歴史があるのに対し、大量生産大量消費という時代にプラスチックは 1950 年代に現れたものでありそのような再資源化の手法はなく、「くず」を利用する社会インフラが無い状態であったため、大量に廃棄されることになったことが問題であると石川は考えている。（「ごみ」を「くず」として取り扱う社会インフラを人為的に構築しようとしている。）

プラスチックの引き起こした具体的な問題として以下のことが挙げられる。まず発熱量が高く、そのため焼却炉の処分量が少なくなるなどの悪影響が及んでいることにより、焼却灰にせずそのまま埋立する量が増えた（東京ごみ戦争の要因になった。現在では焼却炉自体が改善された）。また焼却炉廃棄ガスの大気汚染の要因になった。HCl、Nox、水銀、ダイオキシン等などが処分時に発生するため、その汚染の改善に対応しなければならなかった [現在は人間が健康的に生活できる程度まで改善している]。また前述の通り、リサイクル産業がない状態にある。（容器包装リサイクル法以降は産業として成立。）再生素材の価値が低い（複合材）。自然条件で分解しにくいという点もある。それについては生分解性のプラスチックも開発されている。

プラスチックの分解の難しさは海洋プラスチックごみ問題に深く関わっている。ではどのようにプラスチック問題を解決していくのか、ということについて気候変動問題と対比していく。環境問題の解決法として法的規制、経済的手法、自主的アプローチの三つの手法が挙げられる。

法的規制（ハードロー）は、個別事業所レベルで原因と結果が明確であること（水俣病など公害）、規制が技術的に可能であることで行える。誰が何をこのようなことが起こったのか、誰がどのようにするべきかが明確であることが必要である。

この条件に気候変動問題もプラスチックごみ問題もこの条件を満たさないとする。誰にでも少なからず当てはまりうる問題であるためだからだという〔個別的でない〕。

経済的手法は、社会全体として原因と結果が明確であること、問題を回避する費用を金額評価できる、問題の大きさに比例する介入が可能であることが条件である。気候変動問題はこの条件を（各国国内では）ある程度満たすことができるが〔燃料に含まれている炭素の量などで科学的に評価できるため〕、プラスチックごみ問題はこの条件を満たすことができないとする。プラスチックごみ問題は問題として様々な側面を持っており、量的な評価ができないためこの条件を満たすことができない。

自主的アプローチは、社会全体として原因と結果が明確であること、自主的行動を促す、もしくは不十分な場合のペナルティーの担保ができること、社会全体として目標が達成できるかどうかのプロセス管理が可能であることが条件である。気候変動問題もプラスチックごみ問題もこの条件を（各国国内では）ある程度満たしうるとし、プラスチックごみ問題においてはこのアプローチを行うべきであると石川は考える。特に最後の条件であるプロセス管理が開発することができれば、このアプローチは行うことができるのではないかという。プラスチックごみ問題はいかにフローコントロール（使った後の管理のフロー制御）するかということが重要であるという。

#### （４）海洋プラスチックごみ問題について

海洋プラスチックごみ問題は動物愛護、環境の存在価値、生物への影響、景観など多様な問題を孕んでいる。〔大型海洋生物への影響や大洋表層、深海海底のごみ漂流・散乱、生態系ピラミッド〕

海洋ごみはプラスチックが使われ始めた 1960 年代から 1970 年代ごろには問題となっていた〔鳥の胃の中から異物が検出されるなどの問題は昔からあった〕。最近になって海洋ごみが注目され始めたのは、〔Nature によると〕海洋中に流入してくる量が 480 万トン／年～1270 万トン／年であるという論文が出たこと（石川は裁量的な数字であるとしまたこのような数字が算出できないと批判している）、海洋中に浮遊している量は 7 千トン～27 万トンと計測し推測されている（こちらはある程度確立された方法で行っていると石川は考える）ことがある。

海洋ごみで分かっていることと分かっていないことを列挙する。まず分かっていることとして、海洋生物への絡まり、誤食が幅広く起こっているということ、深海海底含めて海洋中にごみが広く分布していること、特定海域に特に多いこと、1950年代以降汚染が進行していること、包装、漁具が起源であることが多いということがある。そして分かっていないこととして、海洋中のストック量と流入量の推計制度が低く分からないこと、単純計算でストックは流入量の8~20日分であること、二次マイクロプラスチックの生成過程が不明であること、マイクロプラスチックの生物影響の程度が不明であることがあるという。

#### (5) プラスチック全体について

日本のプラスチックのフロー図を挙げて説明する。おおよそ200g/人/日で入り、排出される。海に流出するのは3g/人/日（誤差は大きい）としている。流出抑制をしようとするこの海に流出される3gを考えなければならない。ストローの使用をやめるなどの発生抑制をするには人が使用する200gの量を考えなければならないという。

日本からのプラスチックごみの海洋流出を0にするための対策について検討する。まず、海洋流出抑制対策の例として、1kg/人/年の海洋へ流出するごみを回収するなどがあるという。また、発生抑制対策の例として213g/人/日のプラスチック使用をやめることが考えられる。1kg/人/年の海洋へ流出するごみを回収するにはどうしたらいいのか。これに関して石川は参加者が少なければ少ない程ボランティアでの手作業が難しくなると指摘する。無理せずできる対策が多数必要であると考える。そのためにライフスタイルを変えなければならないという。

マイクロプラスチックについて検討する。まずマイクロプラスチックの定義として、5mm以下のプラスチックとする。これは大きなサイズで排出された後に海や海岸で小さくなる、製品を使っている段階でマイクロプラスチックとして排出されるなどのケースがある（歯磨き、洗顔剤に使われるマイクロビーズ、たばこのフィルター、人工芝、タイヤなど）。後者はこれまでごみ問題として注目されてこなかった物で、手つかずに近いという。

#### (6) 循環経済への移行の兆し

Pet ボトルは清涼飲用容器として圧倒的なシェアを誇る。1996年に容器包装リサイクル法の施行と小型 Pet 容器自主規制の解禁がなされた。Pet ボトルのシェアは2018年に75%まで上昇し、清涼飲用生産量の増加率は1993-2018年で2.36%/年である。また Pet ボトル飲料の増加率は14.4%/年（1993-2004年）、3.88%/年（2004-2018年）と伸びている。しかし、2006年以降回収 Pet ボトルは有価で売れるようになり構造が変化しだした。

回収 Pet ボトルは2005年以前は処分費用が必要な「ごみ」だったが、2006年以降に売れるようになった。容リ協会の落札価格は国際市場でのPET樹脂の価格と関連する。このごみから資源への変化は日本が「燃やすものは燃やすといった」線形経済から循環経済・社会に移りつつある兆候であると石川は指摘する。収集費用を入れると金属缶も同じであるが、全体コストはマイナスである事に留意が必要であるという。Pet ボトルの回収率は容リ法施行以降着実に上昇し、回収率は2012年には約90%に到達した。この高い回収はデポジット制度抜きで実現している。

この構造変化について、容リ法で再商品化された再生資源製品は2009年に約16万トンまで上昇した。2006-2008年は国際市場でのPET樹脂価格が上昇し、多くの自治体が容リ制度によらず直接、再生事業者へ販売したことにより減少している。繊維が減り、ボトルが増加している。再生PETは繊維、シート、ボトル、成形品などに使われる。繊維用途のシェアは減少し、ボトル用途が増加している。ボトル用途が増加しているのは清涼飲用メーカーがBottle-to-Bottleリサイクルを宣言したことによる。これによりカスケードリサイクルから水平リサイクルへの変化が見られるようになった。

以上を要約すると、Petボトルが「ごみ」から「くず」になったこと、Petボトルの回収率は上昇し高いレベルに到達した、回収 Pet ボトルの用途が高度化している、PETフレーク、ペールの輸出量が着実に減少傾向にあると、日本で大きな変化が起こり始めている兆候があると石川は主張する。供給側の変化と需要側の変化が相互に補完しながら循環型社会経済構造に変化し始めているという。

PET以外のプラスチックのリサイクルについては、エネルギー源として、利用可能であるとする。自治体の焼却炉の発電効果は最新鋭技術でも20%程度であり、Co2削減効果としてはマテリアルリサイクルより劣るといふ。鉄鋼業、セメント業、紙パルプ産業などでのエネルギー源としての利用が有力であると石川は考える。熱効

果で70%を超えており、LCA評価ではマテリアルリサイクルに優るとも劣らないという。また消費者がプラスチック素材を分別するのは例外を除いて困難であるという。消費者はプラスチック素材の区別をするのは難しいが、製品で区別することにおいては可能性があるという。PETは「PETボトル」として認識されている飲料の容器を分別している。消費者が区別できる製品カテゴリーは他に何があるのかという疑問がある。

プラスチック再生資源の業界で「単一素材」と言われる製品の主成分含有量は70-80%程度である。再生プラスチックペレットの利用事業者は、「単一素材」というよりも原料構成の安定を求めているという。〔複合材料でも成分が一定であれば需要が見つかる可能性はある。消費者が区別しやすい製品カテゴリーで業界内で成分構成を標準化する。コスメタリー製品の詰め替えパウチが条件を満たしている。〕

## 結論

日本では大きな構造変化が起こっている。その要因として以下を挙げる。第一に現代的な焼却を中心とした廃棄物処理システムを完成させたこと、第二にそれにより完成された究極の線形経済の限界に直面し、新たな手段としてリサイクルを始めたこと、第三にリサイクル推進はライフスタイルのみならず、企業的意思決定まで影響を及ぼし線形経済・社会から循環経済・社会への変化を促す変化が起こっていること、最後に今後のプラスチック（PET以外）を考える上では、回収物の素材成分構成比の安定を重視して業界内での連携・標準化、分離できる複合材技術などの開発が期待されることがあるという。そのため、今後はPET以外のプラスチックについて考えなければならないと主張する。

(馬場朝子 要約)