



プラスチックごみ問題の現状と対応

株式会社H&Sエナジー・コンサルタンツ パートナー
石丸 美奈

目次

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| 1. はじめに | 5. 代替素材による削減 |
| 2. プラスチックごみの現状 | 6. 容器包装の再使用と新たなビジネスモデル |
| 3. 先進国・地域における廃プラ処理 | 7. ケミカルリサイクルによる再資源化 |
| 4. 3R（削減、再使用、再生利用）とサーキュラーエコノミー | 8. おわりに |

1. はじめに

新型コロナウイルス（新型コロナ）の感染拡大に伴って、医療用のみならず、日常生活での使い捨てプラスチック需要が増えているが、その一方で日本では、予定通り2020年7月1日からすべての小売店で、持ち手のついたプラスチック製レジ袋が有料化された¹。プラスチックごみは廃プラスチックあるいは廃プラとも呼ばれているが、近年そうした廃プラによる海洋汚染や生態系に与える悪影響への関心が一気に高まっており、世界各国や各地域で規制が強化されている²。廃プラの2%程度を占めるに過ぎないと言われている³レジ袋の有料化は象徴的意味合いが強いが、消費者の環境意識を高め、過剰なプラスチック使用の抑制につながることを期待されてい

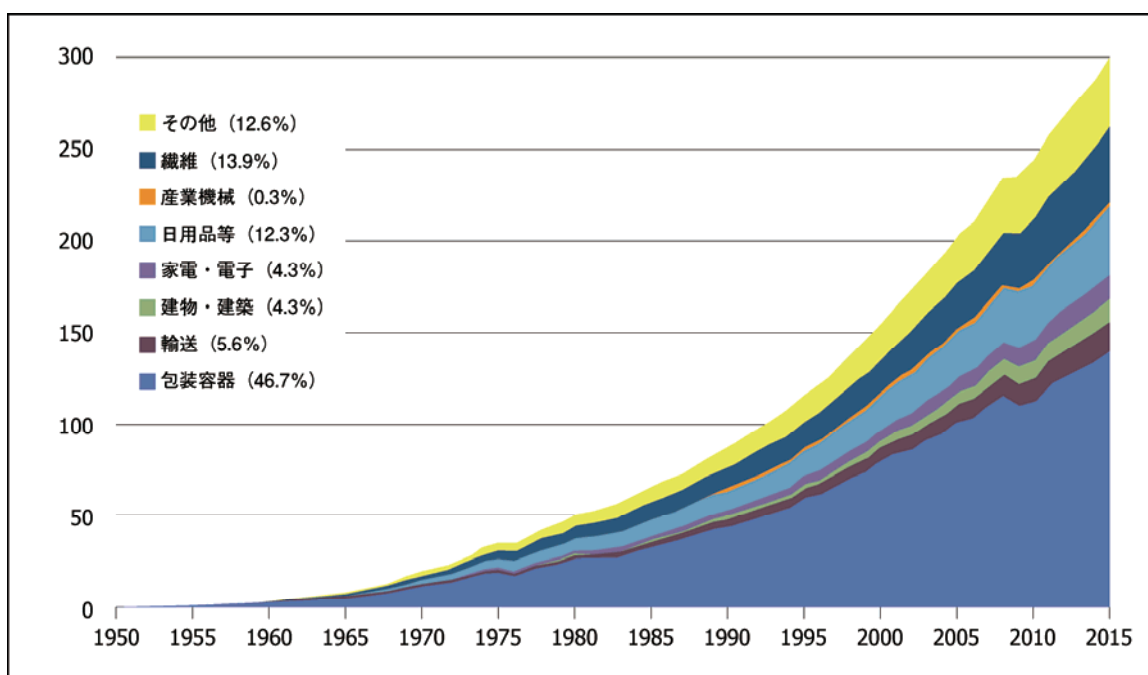
る。

2. プラスチックごみの現状

世界の廃プラの量は増え続けている。Roland Geyer⁴らによる2017年の研究によれば、2015年の世界の廃プラ量は約3億200万トンと2000年以降の15年間でほぼ倍増している（図表1）。同研究によれば1950年から2015年までの65年間に排出されたプラスチックごみは約63億トンと試算されている。適切な処理をされずに廃棄されたプラスチックが自然に分解されることはほとんどないが、63億トンのうち、リサイクルされたのは9%に過ぎず、12%は焼却処理、残りの79%は埋め立て、ないしは海洋を含む自然環境へ投棄されている⁵。

1 ただし、フィルムの厚さが50マイクロメートル以上で繰り返し使用可能なもの、海洋生分解性プラスチック（海中で完全に分解されるプラスチック）の配合率が100%のもの、バイオマス素材の配合率が25%以上のものは有料化の対象外。
 2 新型コロナの影響が甚大な米国や欧州の一部の地域では、公衆衛生の観点から、一時的に有料化を延期したり、マイバッグの持ち込みを禁止するなどの暫定的な措置が取られている。
 3 廃プラデータについては、実際に全てのごみの量が計測調査されているわけではなく、プラスチック原料の生産量、一人当たりの平均的なプラごみ排出量と人口数などから推計されている。
 4 Roland Geyer, Jenna R. Jambeck, Kara Lavender Law “Production, use, and fate of all plastics ever made” Science Advances Vol. 3, no. 7, 19 July 2017
<https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>
 5 環境省「プラスチックを取り巻く国内外の状況」2019年
<http://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-05/s1.pdf>

(図表 1) 分野別世界のプラスチックごみ排出量の推移1950-2015年 (百万トン)



注 1) 分野別%は2015年の割合

(出所) Roland Geyer, Jenna R. Jambeck, Kara Lavender Law “Production, use, and fate of all plastics ever made” 19 July 2017, Supplementary Materials を筆者加工

https://advances.sciencemag.org/content/advances/suppl/2017/07/17/3.7.e1700782.DC1/1700782_SM.pdf

主要国・地域の廃プラ量については、中国が6,055万トン(2015年)⁶、米国が3,448万トン(2015年)⁷、EU27か国、英国、ノルウェー、スイスの合計が2,710万トン(2016年)⁸、日本が915万トン(2015年)⁹と、それぞれ推計されている。

こうしたプラスチックごみの中でも最も問題となっているのはその半分近く(図表1によれば2015年時点で約47%)を占める食品、

飲料、日用品などの包装や容器で、これらはほとんどが1回またはごく短期間の使用後に使い捨てとされるため、廃プラ量の増大をまねき、生態系への影響も大きい。

国連環境計画(UNEP)のレポート(図表2)によれば、包装容器プラスチックごみの一国としての排出量は中国が最大だが、国民一人あたりでは米国が群を抜いて多く、日本が2位、EUが3位となっている。

6 Amy L. Brooks, et al. “The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade” Science Advances Vol. 4, no. 6, 20 Jun 2018

<https://advances.sciencemag.org/content/4/6/eaat0131>

7 United States Environmental Protection Agency “Advancing Sustainable Materials Management : 2017 Fact Sheet” の都市廃棄物中のプラスチック量。家庭、施設(学校や病院など)、及び商業施設(レストランや小規模ビジネスなど)からの廃棄物で、下水汚泥、産業廃棄物、廃自動車、燃焼灰、建設及び解体廃棄物は含まない。

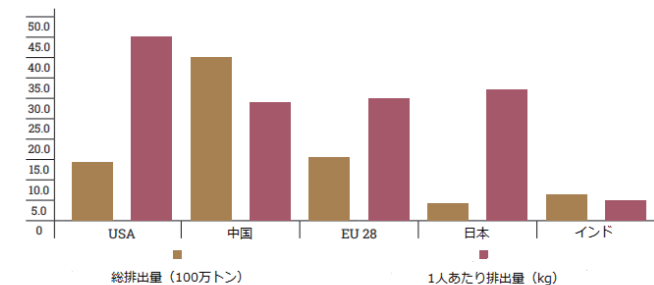
8 Plastics Europe “Plastics – the Facts 2017” のデータ。隔年の統計のため2015年分はなし。公的計画に基づいて回収された廃プラ量。

https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf

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2015」。一般系廃プラと産業系廃プラを合計したもの。

https://pwwi.or.jp/flow_pdf/flow2015.pdf

(図表 2) 国別包装容器プラスチックごみの発生量 (2014年)



Source: Adapted from Geyer, Jambeck, and Law, 2017

(出所) UNEP “Single-use Plastics: A Roadmap for Sustainability” 5 June 2018を筆者加工
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf

3. 先進国・地域における廃プラ処理

日本では廃プラの処理方法が、「マテリアルリサイクル」、「ケミカルリサイクル」そして「サーマルリサイクル」の3つに分類されている。マテリアルリサイクルでは、廃プラをプラスチックのまま原料にして新たな製品

を作る。ケミカルリサイクルでは、廃プラを熱やガスを使い、化学的に分解して、原料やモノマー¹⁰に戻してから再利用する。マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルに適さない廃プラや、ケミカルリサイクルによりガス化・油化されたものの一部を焼却し、熱エネルギーを回収するのがサーマルリサイクルだが、国際的にはリサイクルとみなされていない。

図表 3 によれば、日本の2017年のプラスチックのリサイクル率は86%と高く計算されるが、サーマルリサイクルをリサイクルとしてカウントしないOECDの分類にあてはめた場合、この数値は28%に低下する。同年に排出されたプラスチックごみ903万トン¹¹のうち、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクル分は251万トンに過ぎないからだ。一方、焼却処理の割合は66% (サーマルリサイクルと単純焼却を加えた600万トン) と高く、埋め立ては6%と少ない。これには国土の制約から、

(図表 3) 日本および欧米の廃プラスチック処理の内訳 (万トン)

	総処理量	マテリアルリサイクル	ケミカルリサイクル	サーマルリサイクル	焼却	埋立	
日本	2017年	903	211 (23%)	40 (4%)	524 (58%)	76 (8%)	52 (6%)
	2018年	891	208 (23%)	39 (4%)	503 (56%)	73 (8%)	68 (8%)
	総処理量	リサイクル		熱処理	—	埋立	
欧州	2018年	2,910	940 (32%)	1,240 (43%)	—	720 (25%)	
米国	2017年	3,537	296 (8%)	559 (16%)	—	2,682 (76%)	

(注 1) 端数を四捨五入しているため、合計が合わない場合がある。

(注 2) 日本の統計は2018年から産業系廃プラスチックの焼却・埋立に係る各種係数及び生産ロス率の見直しが行われているため、数値に多少の影響が出ている。

(注 3) 欧州はEU27か国と英国、ノルウェー、スイスの合計

(出所) 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2019」2019年7月および「プラスチックリサイクルの基礎知識2020」2020年6月、Plastics Europe “Plastics - the Facts 2019”、United States Environmental Protection Agency “Advancing Sustainable Materials Management : 2017 Fact Sheet” から筆者作成

10 ブロックに相当するモノマー (単量体) が多く集まり結合 (重合) して生成したポリマー (重合体) がプラスチック。

11 2017年度の日本の廃棄物総排出量は4億2,643万トンだったので、これはおよそ2%にあたる。環境省発表資料：産業廃棄物、2020年1月23日、<http://www.env.go.jp/press/107628.html> 一般廃棄物、2020年3月30日、<https://www.env.go.jp/press/107932.html>

環境負荷を低減する高機能施設での焼却を優先してきたという事情もある。

また、28%のリサイクルのうちの半分超（129万トン¹²）は輸出相手先でリサイクル（マテリアルサイクルあるいはケミカルサイクルにより処理）されることを前提に海外へ輸出されたもので、国内でリサイクル処理されたものは14%（122万トン）に過ぎない。なお、2017年末からの中国での輸入制限強化の影響¹³を受けて、2018年の国内でのリサイクル比率は上昇したが、それでも18%（156万トン）にとどまっている。

日本とは対照的に、国土が広大な米国では埋め立て場所に困らず、コストが安いという事情もあり、埋め立てが圧倒的（76%）で焼却は少なく（16%）リサイクル率は極めて低い（8%）（いずれも2017年）。一方、EUでのリサイクル率は33%で、域外で処理されたものを除いても26%と日本より高いが、埋め立ての割合（25%）も多い（いずれも2018年）。

4. 3 R（削減、再使用、再生利用）とサーキュラーエコノミー

日本では「循環社会形成推進基本法」（2000年）以降、廃棄物の削減（リデュース）、再使用（リユース）、再生利用（リサイクル）の3Rが推進されてきた。しかし、近年、ヨーロッパを中心に、大量生産と大量消費・廃棄による経済成長という直線的（リニア）な経済システム自体を、持続可能な循環型社会・経済システムであるサーキュラーエコノミーへ転換してゆこうとする考えが広まりつつある。資源の枯渇や地球温暖化を防ぐと同時に、株主利益の最優先による成長至上主義の下で拡大した経済・社会的格差の是正が不可避と

なっているからだ。こうした中で、廃プラ問題解決のための3Rを新ビジネス創出の機会と捉え、環境負荷を与えない代替素材の開発、再使用や再生利用がし易いような製品・システムのエコデザイン設計、資源を極力、有効活用できる再処理方法の開発などへの取り組みが進んでいる。

EUは2018年1月に「循環経済におけるプラスチックのための欧州戦略（A European Strategy for Plastics in a Circular Economy）」（EUプラスチック戦略）を公表し、2030年までに域内で使用される全プラスチック容器包装をリユース・リサイクル可能なものにし、埋め立てを禁止する目標を掲げている。同年12月には、リサイクルと再生プラスチック（再プラ）の利用促進に向けて、プラスチックのバリューチェーンに関わる主要な欧州産業関係者が参画する「循環型プラスチック同盟（Circular Plastics Alliance）」が発足しており、再プラ市場構築への動きが活発化している。

こうした動きに呼応して、日本でも2019年5月には、3Rに加えて再生資源への代替（3R+Renewable）を基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」が策定された。日本の技術やイノベーションを活用することで、資源・環境問題の解決と同時に、持続可能な経済成長や雇用創出を図るのが狙いだ。

一方、米国の国家レベルでのプラスチック対策は、石油・ガス産業界からの根強い反発などもあり、消極的な感は否めない。しかし、世界の消費者を顧客とするコカ・コーラや食品大手 Mondelez（オレオ、キャドバリー、クロレッツなどを手掛ける）などのグローバル企業は、海洋プラスチックごみ削減対策な

12 プラスチック循環利用協会によると2016、2017、2018年の輸出量はそれぞれ138万トン、129万トン、91万トンになる。

13 世界の廃プラの半分程度を輸入し処理してきた中国が、2017年末に生活由来の、2018年末には工業由来の廃プラ輸入を禁止したことで、とりわけ先進国では使い捨てプラスチックの抑制が焦眉の急となっている。

どを中心に、プラスチック包装容器の削減、再資源化等のイニシアティブを取っている。なお、州や自治体のレベルでは、カリフォルニア州やハワイ州、シアトル市などから使い捨てプラスチック製食器類やバッグ禁止への取組みが広がっている反面、自治体に対してプラスチック製品に規制を敷くことを禁じている州政府¹⁴もあるのが実情だ。

5. 代替素材による削減

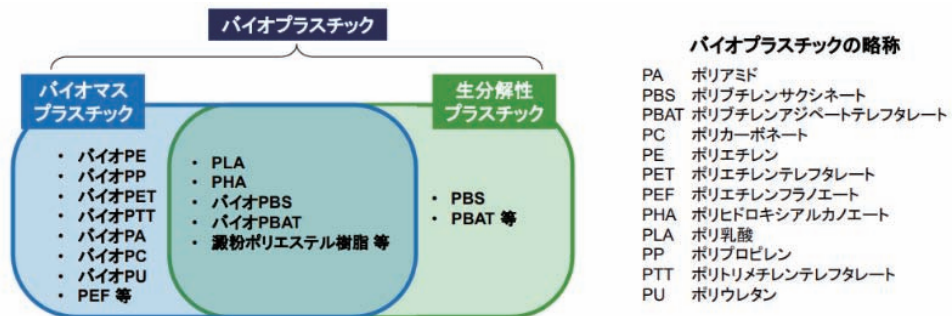
石油由来のプラスチックを代替できるものとしては、バイオマス由来の「バイオマスプラスチック」と、自然界の微生物等により完全に分解される「生分解性プラスチック」があり、「バイオプラスチック」と総称される(図表4)。バイオマス由来の生分解性プラスチック(図表4の共通部分)でも、生分解性の高さは高温多湿なコンポスト、土壌、水中

など、環境によって異なる。例えばPHAは水環境でも分解されるが、バイオPBSやPLAは分解されにくい。

新型コロナに代表される感染症対策には使い捨てと焼却処理が必須となるため、医療用等で不可欠なプラスチック製品については、可能な限り食料と競合しない植物系バイオマスを原料とするもので代替してゆく必要がある。焼却時に発生するCO₂は、成長過程の光合成で吸収するCO₂で相殺され、カーボンニュートラルと考えられているからだ¹⁵。

一般的なプラスチックは、バイオマス由来でかつ生分解性のあるプラスチック¹⁶で代替し、海へ流出する可能性が大きい場合は、その中でも海洋生分解性の高いもの(PHAなど¹⁷)を使用するのが望ましい。しかし、環境省によれば日本の2018年度のバイオプラスチック製品の国内出荷量8.4万トン中、バイオ

(図表4) バイオプラスチックの種類



(出典)日本バイオプラスチック協会、「バイオプラスチック概況」(中央環境審議会循環型社会部会プラスチック資源循環戦略小委員会(第2回)資料5、平成30年9月)等をもとに作成

(出所) 環境省「バイオプラスチックを取り巻く国内外の状況～バイオプラスチック導入ロードマップ検討会参考資料～」2020年5月22日

14 ミズーリ州、ノースダコタ州、オクラホマ州、テネシー州など。
<https://www.ncsl.org/research/environment-and-natural-resources/plastic-bag-legislation.aspx>

15 ただし、原料や製品の重量の25%以上がバイオマス由来であればバイオマスプラスチックと認定されるため、完全にニュートラルとは言えない。また近年は、焼却により今、排出されるCO₂と、それを植物が今後の成長過程で長期間かけて固定化してゆくタイムラグにより、地球温暖化は促進されてしまうという理由から、カーボンニュートラルの考え方に否定的な見方が増えている。

16 三菱ケミカルはタイの石油化学会社との合弁企業でバイオBPSを生産している。三菱ケミカルWebサイト
https://www.m-chemical.co.jp/products/departments/mcc/sustainable/product/1200364_7166.html

17 カネカはPHAの一種であるPHBHの工業化に世界で初めて成功し量産化に取り組んでいる。カネカWebサイト
<https://www.kaneka.co.jp/esg/feature/case1/>

(図表5) 日本の「プラスチック資源循環戦略」におけるマイルストーン

	目標時期	内容
リデュース	2030年	ワンウェイ（使い捨て）プラスチックを累積25%排出抑制
リユース・リサイクル	2025年	リユース・リサイクル可能なデザインに
	2030年	容器包装の6割をリユース・リサイクル
	2035年	使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用
再生利用・バイオマスプラスチック	2030年	再生利用を倍増
	2030年	バイオマスプラスチックを約200万トン導入

(出所) 環境省「プラスチック資源循環戦略の概要」2019年5月31日から筆者作成
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111746.pdf>

マプラスチック量（非生分解性のものを含む）は4.7万トン¹⁸に過ぎない。

2019年5月に国が策定した「プラスチック資源循環戦略」では、2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入する目標を立てているが、これを達成するには、実に42.5倍の生産量が必要ということになる（図表5）。野心的な目標は市場にインセンティブを与えるが、技術革新が起こり、量産体制が整うまでは、木や紙などの従来型素材による代替や、再使用に注力することが重要となる。

6. 容器包装の再使用と新たなビジネスモデル

再使用の分野での新たなビジネスモデル創出という点で注目を集めているのが廃棄物のリサイクルを手掛ける米テラサイクル（TerraCycle）が運営するショッピングプラットフォーム「ループ（Loop）」や、チリのアルグラモ（Algramo）など、スタートアップによる取組みである。

ループは使い捨てプラスチック容器の代わりに再使用が可能なガラスや金属製で耐久性の高い専用容器を使う。メーカーは専用容器に中身を入れ、テラサイクルがループを通じてこれを仕入れ、オンラインで会員に販売し、

専用の配達バッグに入れ宅配する。再注文の際に使用済み容器を回収し、洗浄後にメーカーに戻し、再び中身を詰めてもらうという仕組みだ。宅配料金は会員持ち、容器はデポジット制で、返却すれば会員に代金が戻る（写真1）。

配送・回収は物流会社に、在庫管理は倉庫会社に、洗浄は専門会社に任せることで、様々な関係者（ステークホルダー）を巻き込み、それぞれにサーキュラーエコノミーの経済的恩恵をもたらしつつ、社会的課題を解決する。

(写真1) ループの再使用可能な配達用バッグと専用容器



(出所) ループストアのWebサイト
<https://loopstore.com/>

18 環境省「バイオプラスチックを取り巻く国内外の状況～バイオプラスチック導入ロードマップ検討会参考資料～」2020年5月22日 <http://www.env.go.jp/recycle/mat052214.pdf>

メーカーにとっても再使用可能な容器を作り何度も使った方が原価は安くなり、ループのシステムであれば容器回収・洗浄という手間がなく、廃棄物も出ない。地球環境に貢献し、ブランドイメージの向上にもなる。すでに2019年5月からパリと米東海岸でオンラインサイトでの実証実験を開始しており、英国、カナダ、ドイツ、アメリカ西海岸、オーストラリアなどへも事業を拡大する。本年10月からは日本で、5,000世帯を対象としたサイトの立ち上げに加えて、イオンリテールの首都圏の実店舗でも試験的な取り組みを始める計画だ。

これまでに英蘭ユニリーバ、スイス・ネスレ、米P&G、米ハーゲンダッツなど国際的なブランド各社と提携してきたが、日本では味の素、キッコーマン、サントリー、資生堂など13社¹⁹（2019年12月現在）に加えて、東京都も参画し助成をおこなっている。

先進国の中所得者以上を対象としているループに対して、2012年に設立されたアルグラモは、サンチャゴの2,000以上の家族経営の商店に設置した自動販売機や、三輪電気自動車を使って、低～中所得者向けに米、豆類、洗剤などを詰め替え可能な容器で量り売りする自動販売システムを展開しており、すでに32万5,000人を超える会員を有する。貧しい人々が買える小分け包装された製品は通常、割高になるが、アルグラモでは約30%安い価格で必要な量を買える。詰め替えを行うと代金の10%相当のポイントがたまり、次回購入時に使える。容器にはICタグが付いており、購入した分の料金が会員の登録口座から引き落とされる仕組みだ。三輪電気自動車によるホームケア製品の量り売りはユニリーバとの提

(写真2) アルグラモの三輪電気自動車による自動洗剤販売機



(出所) As you sow “Waste & Opportunity 2020”
17 June 2020、写真はアルグラモ提供
https://static1.squarespace.com/static/59a706d4f5e2319b70240ef9/t/5f0e267ac0ba016356cbbf42/1594762905629/WasteAndOpportunity_2020_Report_FIN6.pdf

携により2019年5月から開始した試験販売で、携帯アプリを通じた会員からの注文に応じて効率的に地域を回ることができる(写真2)。2020年後半には、サーキュラーエコノミー案件への投資を専門とする米国の投資会社クローズド・ループ・パートナーズ(Closed Loop Partners)がパートナーとなり、ニューヨークへの進出を予定している。

7. ケミカルリサイクルによる再資源化

ケミカルリサイクルの代表的な方法として、①単一の廃プラをその原料となるモノマーに戻し、これを多数つなぎ合わせる(重合)することで再度、同じプラスチックを作る「解重合法(原料・モノマー化)」、②混合した廃プラを酸素のない条件下で熱分解して熱分解油(ナフサなど)を製造し、ここからプラスチック原料をそれぞれ取り出し、再びプラスチックを製造する「熱分解法(油化)」、

¹⁹ その他、I-ne(アイエヌイー)、イオン、エステー、大塚製薬、キヤノン、キリンビール、P&Gジャパン、ユニ・チャーム、ロッテが参加。

③混合した廃プラを有酸素下で熱分解することにより、合成ガス（一酸化炭素と水素）を製造し、これを精製して化学品の原料とする「ガス化法」、④石炭に混合した廃プラを混ぜてコークス炉に投入し、無酸素化で分解してガス、オイル、コークスを作る「コークス炉化学原料法」、⑤コークスに混合した廃プラを混ぜて高炉に投入し、鉄鉱石の還元剤として活用する「高炉還元剤法（高炉原料化）」の5つがある。

サーキュラーエコノミーの観点から注目されているのは、解重合法と熱分解法である。マテリアルリサイクルでは状態のよい廃プラのみを選別・分類したのち、洗浄、粉碎、溶解、再製造の過程を経て再生材が作られるが、量に限りがあり、品質は低下する²⁰。しかし、廃プラをもとのモノマーに戻して、再度、同品質のプラスチックを生産できれば資源の無駄がないからだ。

PETボトルや食品用容器・トレイなどに使われるポリスチレン（PS）は、解重合により汚れているものでもリサイクルでき、飲料・食料容器包装に使える²¹。また、熱分解では、PSや、包装材（袋、ラップ、フィルムやチューブ）、シャンプー等の容器やボトルに使われるポリエチレン（PE）、食品容器、包装フィルム、キャップ、日用品などに使われるポリプロピレン（PP）などが混ざって汚れている廃プラも再生が可能で、これも飲料・食料容器包装に使える。こうした技術はまだ開発途上でコストが高いが、日用品や飲料・食品の世界的な企業はこぞって再生プラスチックへの移行を表明している。資源循環

型で持続可能性が高いビジネスを展開している企業でなければ、今後、消費者や取引先の支持が得られないという意識が浸透し始めているからだ。

例えばユニリーバは、2025年までに自社製品のプラスチック容器包装を全て、再使用、リサイクルまたは堆肥化できるものとし、使用するプラスチックの25%以上を再生材に切り替える旨を発表している。また、ネスレは、2025年までに未利用プラスチックの使用量を3分の1削減し、容器包装の100%をリサイクル・リユース可能にするとともに、プラスチック循環経済創出のために最大20億スイフラン（約2,275億円）を投資する²²。一方、サントリーは、ペットボトルの素材を再生材と植物由来の素材に100%切り替えて、2030年までに化石由来原料の新規使用ゼロの実現を目指している。

こうした状況の中で様々な技術開発をおこなうスタートアップが生まれており、それを大企業がバックアップするという動きが生じている。

7月1日に発表されたプラスチックごみの再資源化を手掛ける新会社「アールプラスジャパン」もそうした取り組みの一つで、サントリーホールディングスが日系11社とともに設立した。同社は米バイオ化学ベンチャーのアネロテック（Anelloteck）が開発中の、廃プラを少ない工程で直接原料（ベンゼン・トルエン・キシレン・エチレン・プロピレンなど）に戻すことのできる熱分解法の技術を2027年までに実用化し、廃プラの効率的な再生利用を目指している²³（図表6）。

20 PETボトルに関しては、高洗浄による異物の除去や高温下での除染などをおこなって食品用のPETボトル原料を作り、品質を保ったまま再生する「ボトルtoボトル」がある。

21 ただし、廃プラは分別されていて単一材であることが必要。

22 <https://www.nestle.co.jp/sites/g/files/pydnoa331/files/2020-01/20200116-corporate.pdf>

23 サントリーグループ、2020年6月30日プレスリリース
<https://www.suntory.co.jp/news/article/13722.html>

