

シングルユースプラスチックと それを取り巻く国際的動き

シングルユース プラスチックが海洋プラスチック問題や資源の有効利用の観点から問題視されている。その代表的な素材である PET と炭化水素系の PE・PP・PS・EPS を取り上げ、それらの材料の特性、需要、用途を比較評価した。また、(シングルユース) プラスチックの海洋ごみ問題や資源循環問題について、最近の世界の動向をまとめた。

2019 年 8 月



株式会社 旭リサーチセンター

シニアリサーチャー 府川 伊三郎

まとめ

◆ 海岸漂着ごみの多くが容器包装用のシングルユース プラスチック（使い捨てプラスチック）である。短期間の1回使用だが、化石資源を消費して、焼却処分すると温室効果ガスの二酸化炭素（CO₂）を発生する問題がある。素材としては炭化水素系のPE・PP・PS・EPS（発泡PS）と、ボトル用のPETである。前者のPE・PP・PS・EPSは紫外線と酸素で崩壊・細分化してマイクロプラスチックになりやすく、密度が低いため海水中で浮遊する。一方、PETは密度が高く、紫外線に対して安定である。両者は対照的である。（4～12頁）

◆ PETとPE・PP・PSについて、それぞれの製造ルートと反応ステップ数を調べ、また製造に必要なエネルギーを比較した。PETは製造ルートに副生物があるプロセスやエネルギー多消費プロセスを含むが、酸化によりエステル基が生成して分子量（重量）が1.5倍に増えるため、PET1kg当たりのエネルギー使用量はPE・PP・PSと変わらない。PETのリサイクルに要するエネルギーはバージンPETを製造する場合に比べ約60%少なく、リサイクルはLCA的に優れている。PE・PP・PSのリサイクルも同程度にLCA的に有利と推定される。燃焼すると、PE・PP・PSは炭化水素系であるため、燃焼熱は高くCO₂発生量が多い。PETは一部酸化したエステル構造を含むため、燃焼熱は低いがその分CO₂の発生量は少ない。

PETの繊維グレードは分子量が比較的低いので、熔融重合でつくられる。それをさらに固相重合してより分子量の高いボトル用グレードがつくられる。（12～19頁）

◆ 海洋プラスチック問題の解決とプラスチック資源循環について、活発な国際的動きがある。その優先課題の一つはシングルユース プラスチックで、3R と代替材料による使用量の削減努力とそのための法規制が進んでいる。

① 中国が廃プラスチックの輸入を 2017 年 12 月 31 日に禁止したため、輸出国である欧米日に大きなインパクトを与えている。中国向け輸出分を東南アジアに輸出しようとしているが、東南アジア諸国も輸入規制に動いており、自国内処理に迫られている。

② Circular Economy（循環経済）の概念を提唱しているエレン・マッカーサー財団は 2016 年 1 月のダボス会議で New Plastic Economy を提案した。そしてこれが、EU プラスチック戦略の基礎になった。

③ EU は EU プラスチック戦略を 2018 年 1 月に発表し、循環社会への移行の加速を決定し、マテリアルリサイクルを根幹とする具体策を発表した。当面の優先課題は、シングルユース プラスチックの削減である。

戦略の骨子は、a. プラスチックリサイクル設備の近代化とその能力の 4 倍拡大（2030 年に 1,000 万トン/年に）、b. EPR（拡大生産者責任）を拡大して財源を確保し、リサイクルに適した製品設計、優れたリサイクル技術（選別技術など）の開発に対して、経済的インセンティブを供与する仕組みの構築、c. 効果的分別収集方法の確立、d. 世界トップのリサイクル技術を駆使しての世界市場の席捲、e. 法規制やプラスチック再生材の基準・規格（ISO など）で世界をリードすることを目論んでいる。

法規制としては、a. マイクロビーズ禁止への法的準備（進行中）、b. 廃棄物処理とリサイクルの新規則（2018 年 5 月）、c. 10 のシングルユース プラスチック製品と漁具の使用規制案の発表（同 5 月）と、最終規制案の EU 議会での決定（2019 年 3 月）がある。最終規制案は 2021 年までに各国で実施される。

④ 日本政府（環境省）は 2018 年 10 月にプラスチック資源循環戦略を発表した。G20 大阪サミット（2019 年 6 月）に向けての準備であった。

⑤ UNEP（国連環境計画）はシングルユース プラスチックの削減に力を入れており、シングルユース プラスチックに関する調査報告書を発表した。また UNEP 主催の第 4 回環境総会（2019 年 3 月）が開催され閣僚宣言が出された。

⑥ バーゼル条約締約国会議で汚染された廃プラの国境を越えた移動と処分を規制する改定案が採択された（2019 年 5 月）。2021 年に実施される。

⑦ G20 大阪サミット（2019 年 6 月）において、2050 年には海洋プラスチックごみの新たな汚染をゼロにすることが合意された。（20～31 頁）

◆ EU プラスチック戦略、G7 シャルルボアサミットの海洋プラスチック憲章、日本のプラスチック資源循環戦略は共通して、「2030 年までに容器包装プラスチックの 55～60%をリユース・リサイクルすること」を目標にしている。（32 頁）

目 次

はじめに	1
用語・略語集	2
1 シングルユース プラスチックとその材料	4
1.1 なぜシングルユース プラスチックは問題視されるか	4
1.2 シングルユース プラスチックに使用されているプラスチックは何か	4
1.3 シングルユース プラスチック材料の製造ルートと環境負荷評価	12
1.4 PET の重合法	16
2 プラスチックの海洋ごみ問題と循環経済に関する世界の動き	20
2.1 中国の廃プラ輸入禁止とバーゼル条約の改定	20
2.2 エレン・マッカーサー財団の Circular Economy	21
2.3 EU プラスチック戦略とシングルユース プラスチックの規制	22
2.4 G7 シャルルボアサミットの「G7 海洋プラスチック憲章」(2018 年 6 月) ...	27
2.5 日本のプラスチック資源循環戦略 (2018 年 10 月)	27
2.6 G20 大阪サミット (2019 年 6 月 28 日、29 日)	29
2.7 国連環境計画 (UNEP)	29
2.8 海洋プラスチック問題とプラスチック資源循環	31
おわりに	32
参考文献	33

はじめに

プラスチックはその成形性、軽量性、疎水性、衛生性、着色性、耐久性など多くの優れた特徴を有し、日常生活の中で様々な製品に使用されていることから現在ではなくてはならないものである。このうち、PETボトル、レジ袋、トレイ・シート、カップなど容器包装用プラスチックの多くは、短期間に1回しか使わないいわゆるシングルユース プラスチック（使い捨てプラスチック、ワンウェイプラスチックとも呼ばれる）である。シングルユース プラスチックは海洋プラスチック問題の主な発生源であり、資源の有効利用の上で問題があり、かつ使用後焼却処理すると温室効果ガスの二酸化炭素を発生することから問題視されている。このため、国際的に3R（Reduce、Reuse、Recycle）の推進や代替材料の開発が進められている。また各国でシングルユース プラスチックの規制が提案されている。

本リポート第1章では、シングルユース プラスチックの代表的な素材であるPETと炭化水素系プラスチック（PE・PP・PS・EPS）を取り上げ、製法、物性、環境負荷評価、需要、用途についてまとめたものである。両者はいずれの項目についても対照的である。

本リポート第2章では、プラスチックの海洋ごみ問題と循環経済に関する世界の動きについてまとめた。2017年末より、激動の時代を迎えており予断を許さない。

本リポートの続編として、「日本のプラスチックリサイクルの現状と課題」－PET対PE・PP・PS・EPSを発行する予定である。

次頁に、本リポートで使用する用語・略語を載せた。

（注1）年生産能力（〇〇万トン/年）は、略して〇〇万トンで示した。

（注2）国、地域、共同体（EU など）からなる場合も、簡単に国で代表した。

用語・略語集

(1) プラスチックの名称:

PET（ポリエチレンテレフタレート）：本リポートでは PET 樹脂、PET 繊維の総称

PET 樹脂：ボトル用、シート・フィルム用途などに使用される PET

PET 繊維：ポリエステル繊維（長繊維と短繊維がある）

PET 再生材（r PET）：回収 PET（ボトルなど）からリサイクルでつくられたもの

PE（ポリエチレン、LDPE、LLDPE、HDPE の総称） LDPE（低密度ポリエチレン）

LLDPE（線状低密度ポリエチレン） HDPE（高密度ポリエチレン）

PP（ポリプロピレン） PS（ポリスチレン）

EPS（発泡ポリスチレン） PSP（ポリスチレンペーパー）

PVC（ポリ塩化ビニル） PA（ポリアミド：ナイロン）

(2) 化合物名称:

PTA: 高純度テレフタル酸

PX: パラキシレン

MEG: モノエチレングリコール

BHET: ビス-（2 ヒドロキシエチル）テレフタレート

(3) リサイクル関連用語と略号(日本語)

- ・リサイクル：広義には、マテリアルリサイクル（メカニカルリサイクル）、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを意味し、狭義にはマテリアルリサイクルだけを意味する。また、その中間としてマテリアルリサイクル（メカニカルリサイクル）とケミカルリサイクルを意味する場合もある。定義が不明確なので注意が必要。
- ・リサイクル率：廃プラスチック A トンのうちの B トンをリサイクル工程に回し、C トンの再生材を回収した場合に、 B/A （％）をリサイクル率という場合もあるし、 C/A （％）をリサイクル率という場合もある。定義が不明確なので注意が必要。
- ・EPR（Extended Producer Responsibility：拡大生産者責任）：OECD「拡大生産者責任」ガイダンス・マニュアル（2001 年）によれば、OECD は EPR を、製品に対する製造業者の物理的および（もしくは）財政的責任が、製品ライフサイクルの使用後の段階

にまで拡大される環境政策アプローチと定義する。EPR 政策には以下の 2 つの関連する特徴がある：(1) 地方自治体から上流の生産者に（物理的および（または）財政的に、全体的にまたは部分的に）責任を転嫁する、また (2) 製品の設計において環境に対する配慮を組込む誘引（インセンティブ）を生産者に与えること。

- UNEP（国連環境計画）、UNEA（国連環境総会：UNEP が主催）
- SDGs Sustainable Development Goals（国連）：2015 年に採択され、2016～2030 年の国際目標。SDG1 から SDG17 までである。



1 シングルユース プラスチックとその材料

1.1 なぜシングルユース プラスチックは問題視されるか

海岸漂着ごみのほとんどがシングルユース プラスチックである。比重の軽い PE・PP・PS¹・EPS（発泡 PS）や、キャップがしてある空 PET ボトルは、河川や海洋を浮遊・漂流し、また一部は海岸や河岸に漂着する。

シングルユース プラスチックは容器包装用に短期間の 1 回使用だが、化石資源を消費して、焼却処分すると温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）を発生する。また、シングルユースであり、また無料（一部レジ袋）や安価なことからポイ捨てされやすい。

シングルユースの主たる素材の PE・PP・PS・EPS の成形品は紫外線と酸素で崩壊（degradation）・細分化（fragmentation）してマイクロプラスチック（MPs）² になりやすい。海洋に漂流するマイクロプラスチックのほとんどが、PE・PP・EPS である。

以上のことから、シングルユース プラスチックは問題視されている。

1.2 シングルユース プラスチックに使用されているプラスチックは何か

(1) シングルユース プラスチックの主要材料とその特性

PET と炭化水素系の PE・PP・PS・EPS がシングルユース プラスチックの主要材料である。PVC（ポリ塩化ビニル）も少量使用される。これらプラスチックの特性比較を表 1 に示す。なお、表中の LDPE は低密度ポリエチレン、LLDPE は線状低密度ポリエチレン、HDPE は高密度ポリエチレンでいずれも PE の一種である。EPS は発泡ポリスチレンの略号である。PE・PP・EPS は密度が 1 以下で、海水中で浮く。PS は海水とほぼ密度が同じなので海水中で浮沈の境にある。一方、PET、PVC は密度が 1.3 と高く、海に沈む。

なお、リサイクルの観点からいうと、PET は PE・PP・PS・EPS と密度差が大きいのので空気中や水中で分離可能である。半面、PET は PVC とは密度が近く分離が難しい。

炭化水素系プラスチックである PE・PP・PS・EPS の成形品は紫外線と酸素により、ポ

¹ PS は海水よりわずかに密度が大きいが、波動により海面を漂流することがある。

² 通常、5mm 以下のプラスチックをマイクロプラスチックと呼ぶ。

リマー鎖が光酸化分解して崩壊・細分化するので、マイクロプラスチックになりやすい。一方、PET は、PE・PP・PS に比べ、紫外線・酸素による分解に強く、マイクロプラスチックになりにくい。なお、紫外線と酸素による劣化は PE・PP・PS の成形品の表面から起こる。レジ袋のような薄いものは全体が均一に劣化するが、PE・PP・PS の厚い成形品（30 μ m のフィルムでも）は短期間の日光暴露では表面が劣化しているものの内部は全く劣化していないことがある。成形品表面からの酸素透過が反応の律速になっているためである。このような表面だけが劣化した成形品をリサイクルする場合は、表面劣化層を取り除いたり、表面劣化層を全体に分散させるなどの物性を低下させない工夫が必要となる（参考文献 1 の③参照）。

また表 1 に示すように、PET と PE・PP・PS の燃焼時の特性を比較すると対照的である。PET は化学構造的にエステル基を有し、これは一部酸化された構造なので、燃焼時の二酸化炭素（CO₂）の発生量は少なく好ましいが、燃焼熱は小さいのでサーマルリサイクル（熱回収）には不利である。一方、PE・PP・PS は炭化水素系プラスチックのための CO₂ 発生は多いが、燃焼熱は大きいのでサーマルリサイクルには有利である。いずれも一長一短である。

表 1 シングルユース プラスチック材料の特性(1)

名称	分子式 (繰り返し 単位)	密度 (g/c c) ・海水中での浮沈 ・密度差による 分離が可能か	紫外線と酸素に よる表面劣化 (MPsになり やすさ)	燃焼時	
				CO ₂ 発生量	発熱量 〔カッコ内は Kcal/kg〕
LDPE	(CH ₂ CH ₂) _n 長鎖分岐	0.91~0.93	表面劣化 しやすい。 劣化が進むと、 崩壊・細片化 が進み、 MPs（マイクロ プラスチック）に なりやすい	PE	PE
LLDPE	(CH ₂ CH ₂) _n 短鎖分岐	0.91~0.93		3.14gCO ₂ /g	46.0MJ/Kg 〔11,000〕
HDPE	(CH ₂ CH ₂) _n	0.94~0.965		PP	PP
PP	(CH ₂ CHCH ₃) _n	0.90~0.92		3.14gCO ₂ /g	44.0MJ/Kg 〔10,500〕
EPS	(CH ₂ CHPh) _n	発泡体 0.01~1.05		PS	PS
PS	(CH ₂ CHPh) _n	1.04~1.09 (浮くかどうかの境界)	表面劣化しにくい MPsになりにくい	3.38 g CO ₂ /g	40.2MJ/Kg 〔9,600〕
PVC	(CH ₂ CHCl) _n	1.16~1.30 (軟質~硬質)			24.1MJ/Kg 〔5,760〕
PET	(OCH ₂ CH ₂ OOCPhCO) _n	1.34~1.39		PET 2.29gCO ₂ /g	PET 23.0MJ/Kg 〔5,500〕
備考		海水比重は 1.03 黄色地は浮く	紫外線と 酸素による 崩壊・細片化	出所 1	出所 1

出所 1：プラスチック循環利用協会（参考文献 2）
出所 1 および各種資料より旭リサーチセンター作成。

表 2 に示すように、これらプラスチックの用途を見ると、シングルユースのものが多く、特に、フィルム用途の多い LDPE と LLDPE はその比率が高く、軟包装やラミネートのヒートシール層に使われる。HDPE はレジ袋、極薄フィルム、洗剤ボトルに、PS はコンビニ弁当のパックや食品包装用のシート・トレイ、カップに、EPS はカップ麺・おでん・ハンバーグなどの容器や食品包装用シート・トレイに、PET は飲料用ボトルや食品用包装用シート・トレイに使用されるのが、代表例である。プラスチック全体に占める容器包装用途は約 40%といわれる。

また、教科書的にはプラスチックの熱特性は、結晶性プラスチックは結晶融点で、非晶性プラスチックはガラス転移温度で決まるとされる。射出成形ではこのことが当てはまるが³、結晶性プラスチックを溶融押出時に急冷すると十分に結晶化しないことがある。例えば、PET を溶融押出したフィルムやシートを急冷すると、非晶性の透明なフィルム・シートが得られる。これは APET (Amorphous PET) と呼ばれ、実用的耐熱温度は 60℃である (PET のガラス転移温度 69℃で決まる)。PS シートの 70℃や OPS (Oriented PS: 延伸 PS シート) の 97℃よりも低い。一方、APET を延伸すれば、OPET (Oriented PET: 延伸 PET) が得られる。延伸によりフィルムは結晶化するが、結晶粒径が小さいためフィルムは透明である。そして PET の結晶融点 (270℃) が効いてくるので、実用耐熱温度は 200℃と高い。

同様に、PP の急冷フィルムである CPP は透明で実用耐熱温度は 100℃と低い、延伸した OPP フィルムは実用耐熱温度が 140℃まで上がる。

³ PET は結晶性ポリマーであるが、結晶化スピードが遅いので射出成形では十分な結晶化度が得られにくいことがある。

表 2 シングルユース プラスチック材料の特性(2)

名称	熱特性		主用途	日本(2016) 廃プラの 発生量 (万トン) と比率(%)	世界の需要 (百万トン) 2016年 2022年 [伸び率]
	結晶融点(Tm) ガラス転移 温度(Tg)	フィルム・シート の実用的 耐熱性(℃)			
LDPE	半結晶性 Tm 104~118℃	70~90	包装材料(フィルム、シート) 容器とボトル、農業フィルム	297万トン 33.00%	48.5
LLDPE	半結晶性 Tm 120~127℃		絶縁用電線被覆 雑貨		61.1 [3.8%]
HDPE	結晶性 Tm 127~132℃ Tg	100~110	ボトルと容器・包装材料(フィル、シート) パイプ、クレート、雑貨		40.6 50.7 [3.7%]
PP	結晶性 Tm 167~170℃ Tg	CPP 100 OPP 140	容器とボトル・包装材料(F&S) 自動車バンパー、自動車部品 電気製品、雑貨	201万トン 22.40%	63.4 79.6 [3.8%]
EPS	非晶性 Tg 94℃	70~90	カップ麺・ファーストフード容器 トレイ・シート 魚箱、緩衝材、断熱材	109万トン 12.20% (ABS,ASを 含む)	12.8 15 [2.8%]
PS	非晶性 Tg 94℃	PS 70 OPS 97	食品用トレイ・シート、容器(コンビニ弁当) 電気製品		
PVC	Tg 81℃	60~80	建設・住宅(パイプ、雨どい、 壁紙、タイル)、電線被覆	69万トン 7.70%	40.7 52 [4.1%]
PET	Tm 270℃ Tg 69℃	APET ~60 OPET~200 無菌ボトル~70 耐熱ボトル~85	飲料水用PETボトル、シート・ トレイ、容器、各種ボトル 磁気テープ	133万トン 15%	21.3 (推定)
その他				その他樹脂 89万トン	
備考		出所 プラスチック 循環利用協会他	緑色地はシングルユース	合計 約900万トン 出所1	出所2 経産省 [2018]

出所 1 : プラスチック循環利用協会 (参考文献 2)。

出所 2 : 経済産業省 (2018. 10. 18) 世界の石油化学製品の今後の需給動向。

<https://www.meti.go.jp/press/2018/10/20181019002/20181019002.html>

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/chemistry/downloadfiles/01_souron.pdf

出所 1、2 および各種資料より旭リサーチセンター作成。

(2) 樹脂別廃プラスチック発生量

日本の廃プラの発生量 (表 2 第 5 欄) は、プラスチック循環利用協会資料によれば、全体で約 900 万トン (廃棄物の密度を 1 とすれば、東京ドーム約 7 杯分) である。樹脂別発生量は PE (33%) と PP (22%) が多く、合わせると 55% で、これに PS を加えると 60 数% になる。

(3)樹脂別生産量・需要量

世界のプラスチックの需要と伸び（表 2 第 6 欄）は、経済産業省によれば、PE の需要が 8,900 万トン（2016～22 年の伸び率は 3.8%）、PP の需要は 6,340 万トン（同 3.8%）、PS の需要は 1,200 万トン（同 2.8%）となっている。PS の伸び率が、PE・PP に比べ小さい。別資料であるが、PET の生産量は 2,130 万トンと推定される。

ここで、シングルユース プラスチックの主要材料について、主要国の需要構成を比較してみた。表 3 に LDPE（LLDPE を含む）・HDPE・PP・PS の需要量と PET の生産量をまとめた。LDPE・HDPE・PP・PS の需要量の合計を見ると、米国は日本の 2.8 倍、欧州は 4.5 倍、中国は 9.1 倍の規模である。

また、米国、欧州、中国では PET の生産量は、PS の需要量を上回っており、PE、PP、PVC に続く、第 4 の汎用樹脂に成長していることがわかる。

表 3 主要国の LDPE・HDPE・PP・PS 需要量と PET 生産量(2016 年、単位 万トン)

国名 〔人口 億人〕	日本 〔1.3〕	中国 〔14.1〕	米国 〔3.2〕	欧州 〔5.1〕	合計 〔23.7〕
LDPE	174	1,390	653	798	3,015
HDPE	85	1,142	636	605	2,468
PP	253	2,415	658	989	4,315
PS	69	318	230	198	815
小計	581	5,265	2,177	2,590	10,613
PET	59	700	北米 480	279	1,518

注：北米人口は 5.8 億人

出所：LDPE・HDPE・PP・PS の需要は、経産省石油化学統計（2018）（表 2 の出所 2 参照）、PET 生産量は各種資料より推定、人口は国連統計。これらに基づいて、旭リサーチセンター作成。

4 つの国全体と各国の LDPE・HDPE・PP・PS の需要構成を図 1 に示す。国によって需要構成がかなり異なることがわかる。日本は PP と PS の比率が高いのが特徴である。PP は自動車用途が多いこと、また PP と HDPE は共通用途があり日本では耐熱性の高い PP が採用されることが多いためと考えられる（ナフサクラッキングの連産品として、歴史的にプロピレンがエチレンより安いことが多かったことも一因かもしれない）。また PS が多いのは、日本ではコンビニ弁当容器に代表される食品包装に PS シートが大量に使用されている特殊事情のためと考えられる。中国は、日本同様 PP の比率が高いが、半面 HDPE の比率は日本より高い。PS の比率が低いのが注目される。米国は LDPE、HDPE、PP の比率がほぼ同じ 30%

で、PE（LDPE+HDPE）が PP よりもかなり多いことが特徴である。歴史的に、米国では天然ガスを使ったエタンクラッカー（主としてエチレンの製造）がかなり大きな割合を占めていたことが原因かもしれない。欧州は、米国と中国の間のような LDPE・HDPE・PP・PS の比率構成である。また PS の比率は中国と同様に低い。

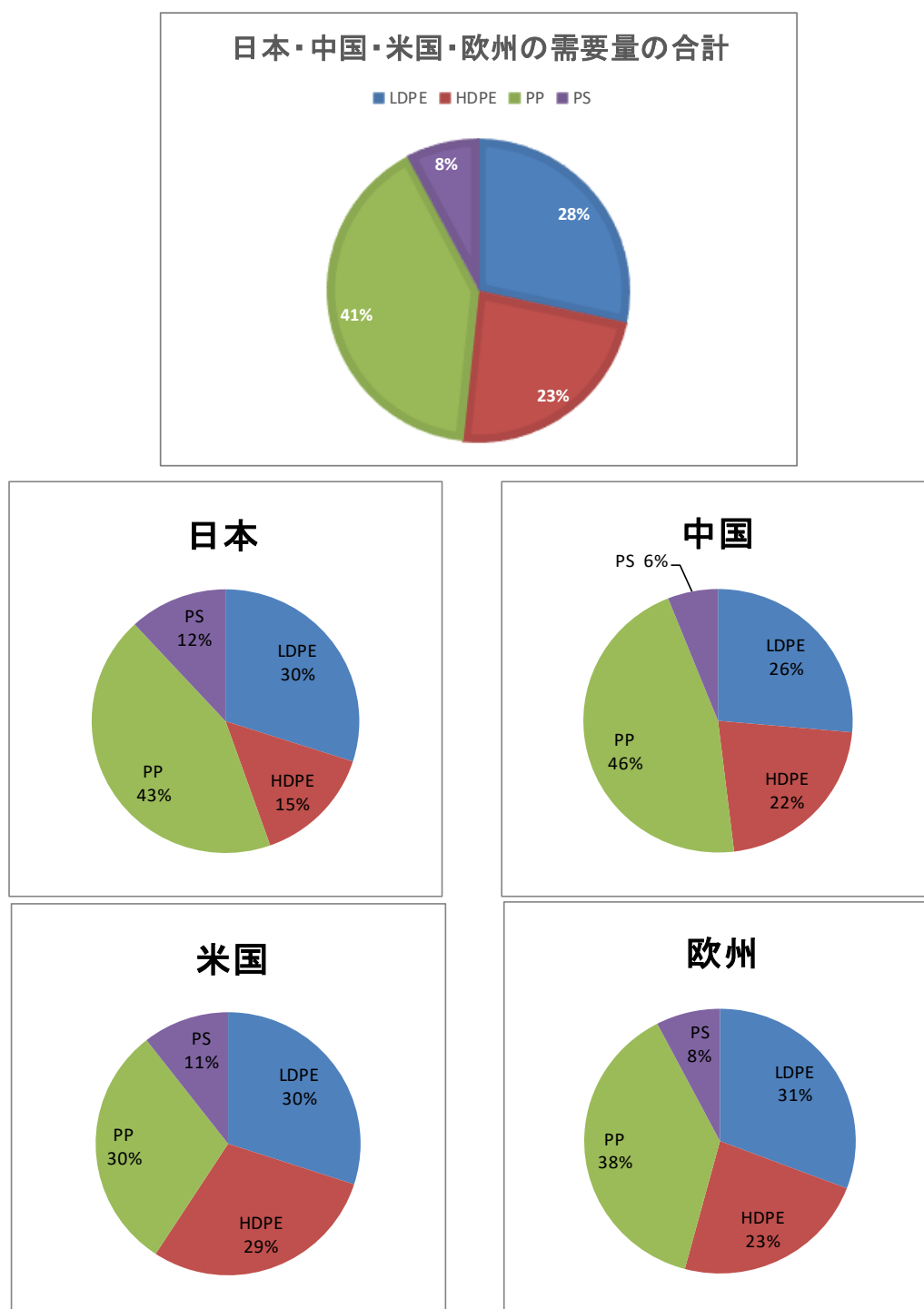


図 1 世界、日本、中国、米国、欧州の LDPE・HDPE・PP・PS の需要構成
表 3 の資料より旭リサーチセンター作成

各国の一人当たりの需要量を比較したものを表4と図2に示す。米国が飛びぬけて多く(68 kg/人)、欧州(50.8 kg/人)、日本(44.7 kg/人)、中国(37.3 kg/人)の順となる。

表4 人口一人当たりの需要量(PETは生産量)

	日本	中国	米国	欧州
LDPE	13.3	9.9	20.4	15.6
HDPE	6.5	8	19.9	11.9
PP	19.5	17.1	20.6	19.4
PS	5.3	2.2	7.2	3.9
小計	44.7	37.3	68	50.8
PET	4.5	5	8.3	5.5

注と出所は表3参照

種類別にみても米国はすべてのプラスチックで高い一人当たりの需要量を示している。PPの一人当たりの需要量は、国によらずほぼ一定であるが、LDPEとHDPEの需要量は国によってばらつきが多い。特に、米国のHDPEの需要量は抜きんで多い。米国では洗剤ボトルなどの需要が多いと推定される。米国のフィリップスが開発したクロム系触媒のHDPEやチーグラ系触媒の分子量分布が広いHDPEがブロー成形によるボトル製造に適している。

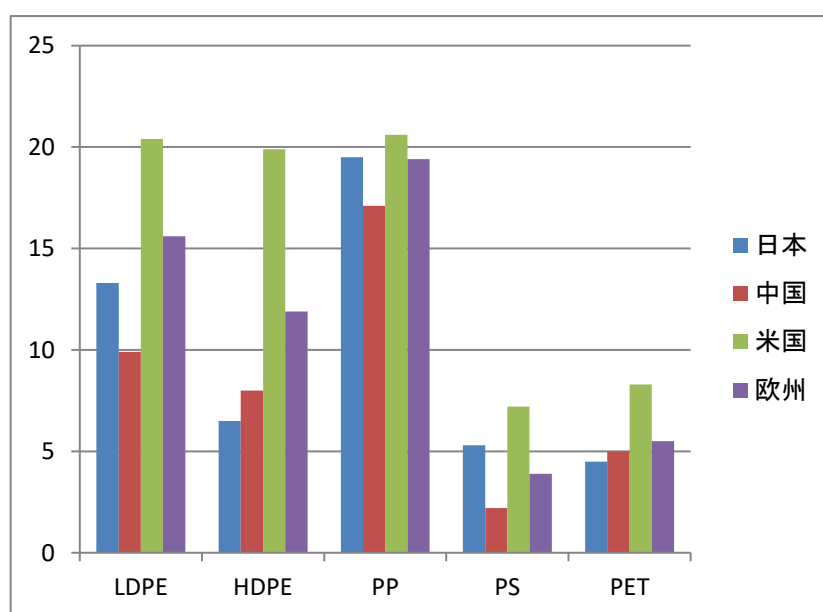


図2 日本、中国、米国、欧州の人口一人当たりのLDPE・HDPE・PP・PS需要量とPET生産量(2016年、単位:kg/人)

表4より旭リサーチセンター作成。

(4) 樹脂の価格

前述のように、PET が PS を量的に抜いて第 4 位の汎用樹脂に成長している。PET と PS の大手シートメーカーであるエフピコによれば、PET と PS の価格を比較すると PET のほうがここ数年 40～50 円/kg 安い。直近では、2019 年 1 月 PET 140 円/kg で PS 197 円/kg (2019 年 4 月は 172 円/kg) であった⁴。なお、比重差 (PET 1.3、PS 1.0) があり、体積当たりの価格はかなり近いものとなる。

また化学工業日報の 2019 年 6 月 10 日の主要化学品相場によれば、PET (取引条件 20 トン) 170-190 円/kg、PS (GP 弱電向け、取引条件 1m³ バッグ) 200-215 円/kg、PS (HI 弱電向け、取引条件 1m³ バッグ) 225-245 円/kg である。

化学工業日報のアジア市況 (2019 年 7 月 2 日) によれば、直近の価格として、LDPE 950-960 ドル/トン、HDPE 950-980 ドル/トン、PP 1,000-1060 ドル/トン、MEG (モノエチレングリコール : PET 原料) 716 ドル/トン、PTA (高純度テレフタル酸 : PET 原料) 710-720 ドル/トン、SM (スチレンモノマー) 1,040-1,110 ドル/トンである。7 月 2 日現在の為替レートは 1 ドルは 108 円である。

(5) 容器包装プラスチックの樹脂別比率と国別使用量 (一人当たりの使用量)

Plastic News は 2019 年 1 月 28 日に世界の容器包装材料のプラスチック種類別比率は、PE 56%、PP 23%、PET 10%、PVC 1%、Nylon 1%、他 10% と報じている⁵。

一方、ジョージア大学は各国の一人当たりの容器包装プラスチックごみの量は、米国が第 1 位、日本が第 2 位、中国が第 3 位、EU が第 4 位とする論文を発表した (図 3)⁶。このデータを UNEP がシングルユース プラスチックのリポート (引用文献 5) の中で取り上げたので、日本が第 2 位ということがよく知られるようになった。ただ図 3 をよく見る

⁴ エフピコ 2019 年 3 月期決算資料

https://www.fpc.co.jp/dcms_media/other/press_keieikikaku_20190514.pdf

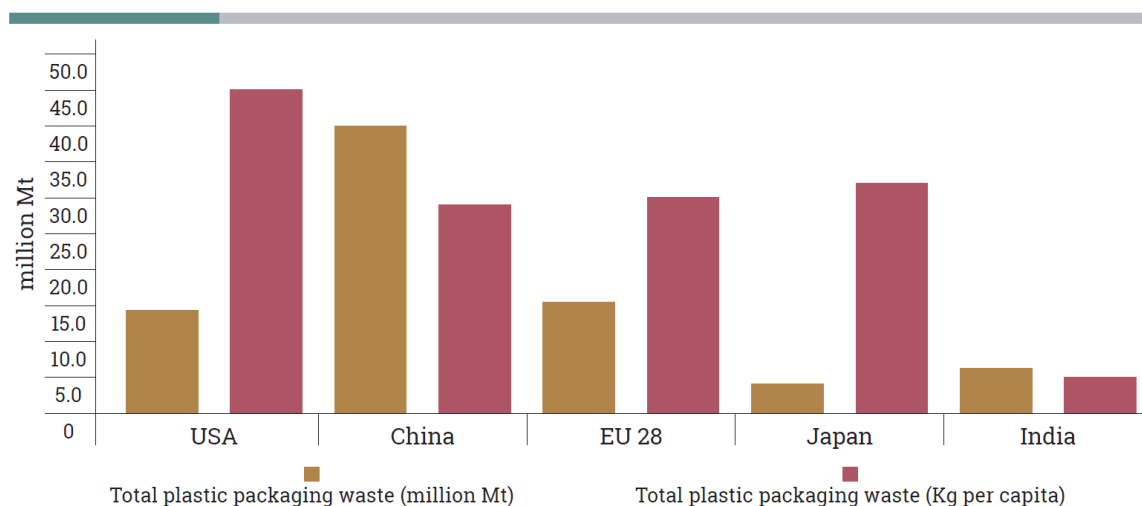
⁵ <https://www.plasticsnews.com/article/20190128/FYI/190129903/global-plastic-packaging-market>

⁶ Science Advances 19 Jul 2017:Vol. 3, no. 7,

<http://advances.sciencemag.org/content/advances/suppl/2017/07/17/3.7.e1700782.DC1/1700782.SM.pdf>

と、一人当たりの容器包装プラスチックごみの量は、日本は第2位であるが、第3位のEU28（EU28 カ国）や第4位の中国とほとんど変わらない。

この調査をしたのはジョージア大学の Geyer、Jambeck、Law である。同じ Jambeck らは 2015 年に世界の海洋プラスチックごみの各国別排出量を推定し、順位づけをした論文を Science に発表したことでよく知られている。



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

図3 プラスチック容器包装ごみの発生量(百万トン)と一人当たりの発生量(kg/人)(2014年)

出所: UNEP (参考文献 5)

1.3 シングルユース プラスチック材料の製造ルートと環境負荷評価

マテリアルリサイクルの推進が叫ばれているが、マテリアルリサイクルがバーゲンプラスチックを製造するよりエネルギー的（言い換えるとCO₂発生量的）に本当に有利かを調べた。そのためには、LCAあるいはLCIの視点で、各プラスチックの製造プロセスとリサイクルプロセスのそれぞれの必要エネルギー（換算CO₂発生量）を計算して比較する必要がある。ここで、LCAはライフサイクル アセスメント、LCIはライフサイクル インベントリーの略である。

(1) PE・PP・PSの製造ルート(図4)

まず製造プロセスをレビューし、必要なステップ数とエネルギー消費を定性的に推定した。

PE と PP は、①原油の石油精製によりナフサ留分を取得し、次に②ナフサの水蒸気分解（いわゆるナフサクラッキング）により、エチレン、プロピレン、ブタジエン、ベンゼンがつくられる、次いで③エチレンを重合して PE が、プロピレンを重合して PP が製造される。したがって、PE、PP は原油から 3 ステップで製造される。

一方、PS は、③エチレンとベンゼンからエチルベンゼンを製造し、これを④脱水素してスチレンを製造し、次いで⑤スチレンを重合して PS がつくられるので計 5 ステップが必要となる。

LDPE・HDPE・PP のモノマー理論原単位は 1 なので、1 kg の PE をつくるのに 1 kg のモノマーで済む。PS を 1 kg つくるためにはエチレン 0.27 kg、ベンゼン 0.75 kg 必要となるので、合計 1.02 kg 必要となる。

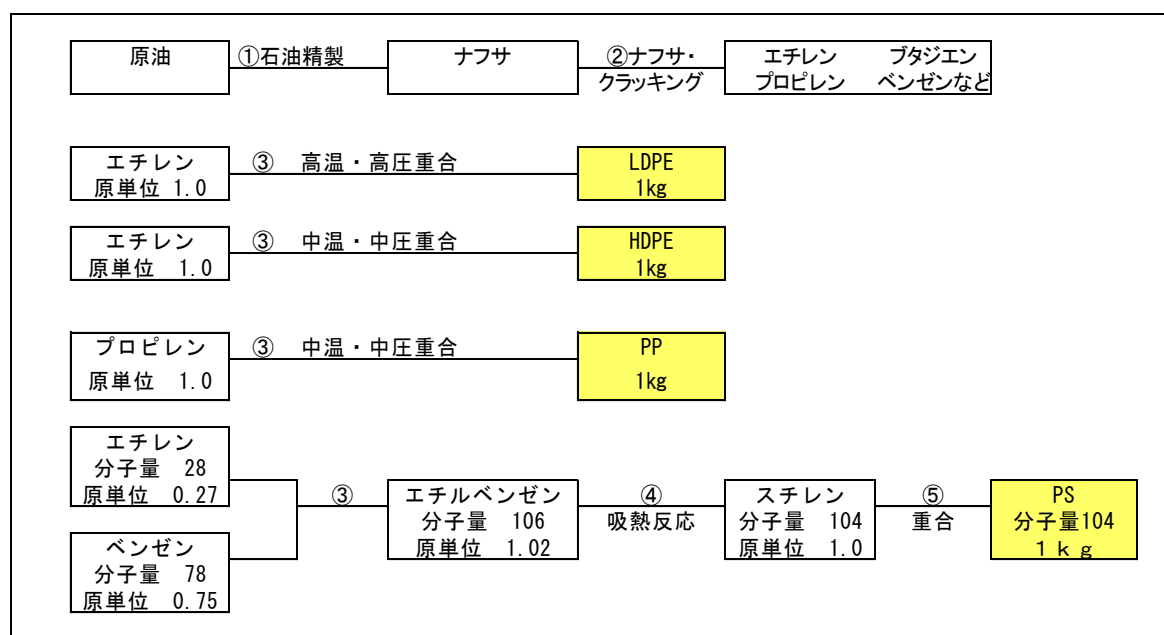


図 4 PE・PP・PS の原油からの製造ルート

各種資料より旭リサーチセンター作成

(2)PETの製造ルート(図5)

PETは2つのモノマーから作られる。一つは高純度テレフタル酸（以下PTA）であり、もう一つはモノエチレングリコール（以下MEG）である。

PTA は、①原油の石油精製によりナフサ留分を取得し、次に②ナフサの接触改質（リフォーミング）によりパラキシレン（以下 PX）を取得し、次いで③PX を酸化して PTA

を得る。このように、現在 PX の製造は基本的に石油精製のガソリン製造プロセスで製造されており、ナフサクラッキングでは製造されていない。

MEG は、③エチレンを酸化してエチレンオキシド（または、エチレンオキシド（以下 EO））に変換し、次いで④EO を加水分解して MEG とする。③と④の工程は副生物があり、④は加水分解に大量の水を使い、それを蒸留で除くので、エネルギー多消費型プロセスである。③の副生成物は CO₂ であり、④の副生成物はジエチレングリコール（MEG の 2 量体）やトリエチレングリコール（MEG の 3 量体）である。

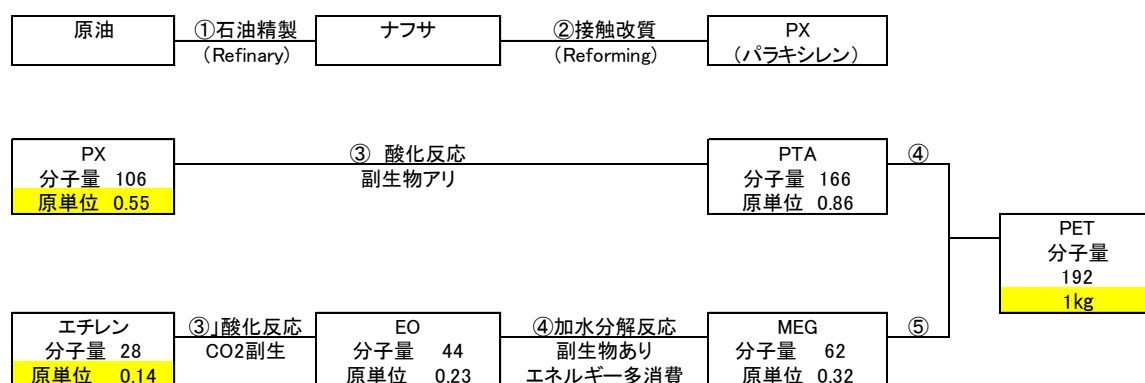


図 5 PET の原油からの製造ルート

注：原単位は、理論原単位を意味する。PTA：高純度テレフタル酸、EO：エチレンオキシド、MEG：モノエチレングリコール。
各種資料より、旭リサーチセンター作成

PET は PTA (4 ステップ) と MEG (5 ステップ) を縮合してつくられるので、PET 製造には 4～5 ステップ必要となる。モノマーの重量比率を考慮して平均すると、4.3 ステップ必要といえることができる。

PTA は酸化プロセスなので、副生成物がありまた比較的エネルギー多消費プロセスである。また、MEG はエネルギー多消費で副生成物のあるステップを 2 つ含む。ただし、MEG の原単位は、PTA の原単位の約 3 分の 1 であるので、PET 全体に与える影響は小さい。さらに、PET は原料の PX とエチレンを酸化して作られるので、PET の原料 1 より 1 / (0.55 + 0.14) = 1.45 倍の量の PET が得られる。ここで、0.55 は PET 製造のための PX の理論原単位であり、0.14 はエチレンの理論原単位である。したがって、製造工程で副生成物があることやエネルギー消費が大きいことが、1 / 1.45 = 0.69 (69%) に縮小される。このため、PET 単位重量当たりではエネルギー消費は大きくならない有利さ

がある。これはエチレン、プロピレンから理論原単位 1.0 でそれぞれポリエチレン、ポリプロピレンができることとは対照的である。

(3) 製造に必要なエネルギーとリサイクルに必要なエネルギー(表5)

表 5 の左欄に、これまで検討した製造プロセスの定性的解析（ステップ数、プロセスの特徴、モノマー理論原単位）をまとめた。そして、表 5 の中間の欄にプラスチックの製造に必要なエネルギーを示す。必要なエネルギーのうちの資源エネルギーとは原料の石油のことで、そのエネルギーは原料として必要な量の石油の燃焼熱から求めている。それによれば、PET は副生成物を含むプロセスやエネルギー多消費プロセスを含むが、資源エネルギーは PE・PP・PS に比べかなり少なく、工程エネルギーはわずかに高いにとどまっています、合計のエネルギーはむしろ低くなっている。これは先に述べた原料原単位が小さいことが大きく効いているためである。

なお、表 5 に記載されている LDPE は高温高压重合法なので、中温中圧重合の HDPE より工程エネルギーが大きい。また、PS の工程エネルギーが少し大きいのは工程が 5 ステップのためであろう。

表 5 PE・PP・PS と PET の製造ルートの定性的解析、製造に必要なエネルギーと換算 CO₂ 発生量、およびリサイクルに必要なエネルギーの換算 CO₂ 発生量

製造プロセスの定性的解析				製造に必要なエネルギーと換算CO ₂ 発生量					リサイクル 工程の 換算 CO ₂ 発生量 kg/t
種類	原油 からの 製造 ステップ数	低収率か、 エネルギー 多消費 プロセス	モノマー 理論 原単位	種類	工程 エネルギー MJ/t	資源 エネルギー MJ/t	合計製造 エネルギー MJ/t	合計製造 換算 CO ₂ 発生量 kg/t	
PE	3	なし	エチレン 1	LDPE HDPE	26,132 22,324	46,103 46,194	72,235 68,518	1,518 1,326	
PP	3	なし	プロピレン 1	PP	25,091	45,817	70,908	1,483	
PS	5	なし	エチレン 0.27 ベンゼン 0.75	PS EPS	28,188 29,957	45,626 45,537	73,814 75,494	1,920 1,939	
PET	4.3	あり	PX 0.55 エチレン 0.14	ボトル用 PET	28,120	34,772	62,892	1,578	583

出所：①製造プロセスの定性的解析は旭リサーチセンター作成。

②製造に必要なエネルギーと換算 CO₂ 発生量は、プラスチック循環利用協会。

「LCA を考える」<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf6.pdf>

元資料は LCA 日本フォーラム (<http://lca-forum.org/topics/pdf/news/50.pdf>)

③リサイクル工程の換算 CO₂ 発生量は、協栄産業資料。

<http://www.kyoei-rg.co.jp/proposal/index.html>

(4) マテリアルリサイクルPETはバージンPETより、エネルギー的(換算CO₂発生量的)に有利

PET リサイクル会社の協栄産業（栃木県小山市）は、原油からボトル用 PET 樹脂 1kg をつくるための換算 CO₂ 発生量を表 5 の 1,578g CO₂ とし、一方回収 PET ボトルからメカニカルリサイクル（マテリアルリサイクル）により PET 樹脂をつくるエネルギーの換算 CO₂ 発生量を独自に計算して 583g CO₂ (1,578g の 37%) と算定した（表 5 右欄）。そして、リサイクル PET はバージン PET よりも CO₂ 発生量が 63% 少なく、エネルギー的に有利でかつ環境にやさしいと結論している⁷。協栄産業のメカニカルリサイクル工程にはエネルギーを消費するアルカリ洗浄と固相重合の工程が含まれているが、上記のように CO₂ 発生量は 63% 減となるとの結果である。

PE・PP・PS のリサイクル工程の CO₂ 発生量のデータは見当たらなかったが、単一素材で汚染がひどくない廃棄物を原料とする限り PET 以下の CO₂ 発生量と推定される。PP のリサイクル事業を手掛けているオランダの大手リサイクルメーカー（リサイクラー）の Veolia（ヴェオリア）は、PP 再生材をつくるためのリサイクル工程の CO₂ 発生量は、バージン PP を製造するための CO₂ 発生量の 9 分の 1 であると述べている。したがって PE・PP・PS 廃棄物のリサイクルは原油からバージンプラスチックを製造するよりもエネルギー的に有利と推定される。

1.4 PETの重合法

シングルユース プラスチックのうちの PE、PP、PS の重合法はよく知られているので、成書⁸を参考にされたい。

一方、PET 樹脂については、汎用樹脂の中で最も実用化が遅い樹脂であることから、その製造法についてはあまり知られていない。また PET と言えば、ポリエステル繊維が PET 樹脂よりも歴史が古くよく知られているが、繊維とボトル用樹脂では重合法が異なる。図 6 に、繊維用 PET 重合法、ボトル用 PET 樹脂重合法、PET ボトル製造法についてまとめた。

⁷ 協栄産業 <http://www.kyoei-rg.co.jp/proposal/index.html>

⁸ 例えば、Wittcoff・Reuben・Plotkin 著、田島慶三・府川伊三郎訳「工業有機化学(上)」東京化学同人(2015)

- ① 重合用モノマー (BHET) の合成 : $\text{PTA} + 2\text{MEG} \rightarrow \text{BHET} + 2\text{H}_2\text{O}$
- ② 繊維用PETの重合 : $\text{BHET} \rightarrow \text{溶融重合} \rightarrow \text{PET} + \text{MEG}$
PET分子量 (I. V. = 0.6)
- ③ ボトル用PETの重合 :
PET (I. V. = 0.6) ペレット → 結晶化 → 固相重合 → 溶融 → PET (I. V. = 0.8)
- ④ PETボトルの製造 :
PET (I. V. = 0.8) ペレット → (射出成形) → プリフォーム → (ブロー成形) → PETボトル
- 注 : BHET : ビスー (2ヒドロキシエチル) テレフタレート
PTA : 高純度テレフタル酸、 MEG : モノエチレングリコール

図 6 繊維用 PET、ボトル用 PET、PET ボトルの製造法

各種資料より旭リサーチセンター作成

まず高純度テレフタル酸 (PTA : HOOCPhCOOH) に 2 倍モルのモノエチレングリコール (MEG : $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) を反応させて水を除き BHET (ビスー (2 ヒドロキシエチル) テレフタレート : $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OOCPhCOOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) をつくる。次に、BHET の自己縮合反応で重合体を得る。エステル交換反応を利用した重縮合反応で、かつ平衡反応である。重合は加熱、減圧下で副生する MEG を除去することにより、平衡を生成系にずらすことにより進む。



PET の繊維グレード (分子量の指標である固有粘度 (I. V) が I. V. = 0.6) のポリマーは、通常の溶融重合で製造できる。溶融重合が終了した後、溶融物をそのまま紡口を通して押出し、冷却・延伸して PET 繊維を製造することが多い。溶融重合は 2 ないし 3 基の重合器をシリーズにつないで行う。3 基使用の場合は、1 基目の反応器は分子量が低いので粘度が低く攪拌は容易であるが、2 基目、3 基目になるにつれて粘度が高くなるので高粘度用攪拌機と MEG を留去しやすい表面更新型重合機的设计が必要となる。

一方、PET ボトルは PET 樹脂のプリフォーム⁹を加熱して延伸ブローで成形される。この際、樹脂には延伸ブロー成形に耐えるだけの高い熔融粘度と熔融強度を有していることが必要となる¹⁰。歴史的には、PET 繊維のほうが先に開発されていたが、PET 繊維の分子量（I.V 値 0.6）では、必要な高い熔融粘度と熔融強度を得るすることができず延伸ブロー成形は不可能であった。分子量をより高いものにすることが必要であるが、重合時の熔融粘度が高くなるため攪拌が困難となり通常の熔融重合法では製造できない。米国の DuPont 社は固相重合法を開発し、PET の分子量を I.V.=0.8 まで上げることに成功し、延伸ブロー成形による PET ボトルの製造を可能にした。

固相重合は、繊維グレードのペレットを結晶化させた後に、PET のガラス転移温度（69℃）以上で結晶融点（270℃）以下の 220～235℃の温度範囲で重合を行なう。重合温度が高い方が重合速度は速いが、ペレット同士が融着するのを防ぐためには結晶融点より少し低い温度にしなければならない。

固相重合方式としては、まずバッチ式のダブルコーン型重合器がある（図 7 上）。重合器にペレットを入れて、回転しながら、乾燥、加熱結晶化した後、加熱・減圧下で MEG を除去しながら重合する方法である。重合終了後、重合器からペレットを取り出すバッチ方式である。

また、連続式のホッパー型（サイロ型）重合器もある。ホッパー上部よりペレットを供給し、ホッパー内をペレットで充填し、ホッパー底部より固相重合したペレットを連続的に抜き出す。ペレットはホッパーの上部から下部へ下降するに連れて分子量が高くなる。底部より加熱窒素ガスを吹き込み、上部から重合の縮合副生成物の MEG を含有する窒素を抜き出す。抜き出した窒素は冷却して MEG を回収する。ホッパー中を上昇する窒素は、ホッパー下部では MEG 含有量は小さいが上昇するにつれて含有量が増加する。

⁹ 試験管ライクの形状をしたもの。

¹⁰ ポリエチレンのブロー成形グレードは、分子量分布の広いポリマーや分岐ポリマーが使用される。

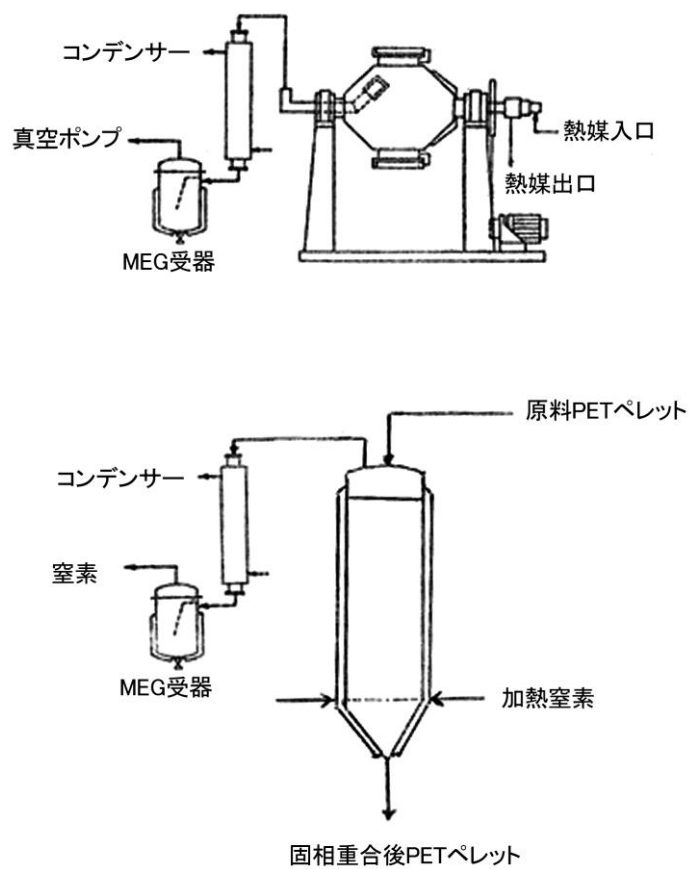


図 7 固相重合装置の一例 上はダブルコーン型(回転式、バッチ式)、
下はホッパー型(連続式)

化学工学便覧（化学工学会編）の乾燥機資料を参考にリサーチセンター作成

2 プラスチックの海洋ごみ問題と循環経済に関する世界の動き

2.1 中国の廃プラ輸入禁止とバーゼル条約の改定

中国は 2017 年末に廃プラスチック(廃プラと略す)の輸入を禁止した。2016 年の輸入量は 600 万トン(廃プラの密度を 1 とすると、東京ドーム 5 杯分)で、わかっている輸出国内訳は EU 300 万トン、日本 80 万トン、米国 80 万トンの計 460 万トンである。それ以外の輸出国はわからない。

また 2016 年の廃プラの全輸出量は EU は約 310 万トン、日本は約 170 万トン、米国は約 120 万トンであった。

2018 年 1 月以降、EU、日本、米国は中国以外の東南アジア(タイ、マレーシアなど)に輸出先を求めているが、東南アジア諸国も運用禁止の方向に進んでいて、総輸出量は減少の傾向にある。2018 年の日本の輸出量は約 100 万トンに減少した。このため、日本は焼却処分が増えており、焼却費単価が値上がりしている。従来有償で中国に輸出していたものを国内で焼却費を払って処分しなければならない。一方、EU は EU 内でのリサイクル処理を増やす対策を進めている。米国はやむを得ず埋立処理を増やしている。

これまで、EU、日本、米国は輸出廃プラは海外でリサイクル処理したものとみなし、自国のリサイクル率に算入していた¹¹。今回の輸入禁止により、国内でその分をリサイクルしない限り、リサイクル率は大幅に低下する。

廃プラは食品などで汚染しており、これを洗浄した汚水は中国で環境問題を引き起こしてきた。しかし、これまで有害物質の国境を越えた移動と処分を規制するバーゼル法では、鉛(Pb)を含む PVC 以外の廃プラの国際的移動は禁止されていない。UNEP(国連環境計画)は、UNEA-3(第 3 回国連環境総会)で廃プラの国際的移動を規制(最終的には禁止)する案を提案し、臨時専門委員会で議論してきた。

そして、2019 年 5 月にバーゼル条約の締約国会議で、汚染された廃プラの国境を越えた移動と処分を規制する改定案が採択された。ノルウェーの提案で日本も提案国の一つとなっている。実施は 2021 年である。

¹¹ 日欧米共通の不都合な真実であった。

2.2 エレン・マッカーサー財団のCircular Economy

エレン・マッカーサー財団は Circular Economy（循環経済）への移行（Transition）を推進するために2012年に設立された。そして、2012年1月に Toward Circular Economy vol.1 を発行した。そこには循環経済概念図（図 8）が記載されている。循環の対象はすべての製品・商品であり、プラスチックも含まれる。製品・商品のシェア（共用）、維持/長寿命化、リユース/再配布、改修（repair）/再製造・リサイクルなどの手法を駆使し、材料・部品・製品・サービスの各段階でリサイクルを行うことにより、枯渇性資源の有効利用を図るというものである。また、枯渇性資源に代わって再生可能資源を活用し、これについてもリサイクルを図るというものである。この考えは、2015 年の EU のサーキュラーエコノミー（CE）パッケージに影響を与えた（表 6）。

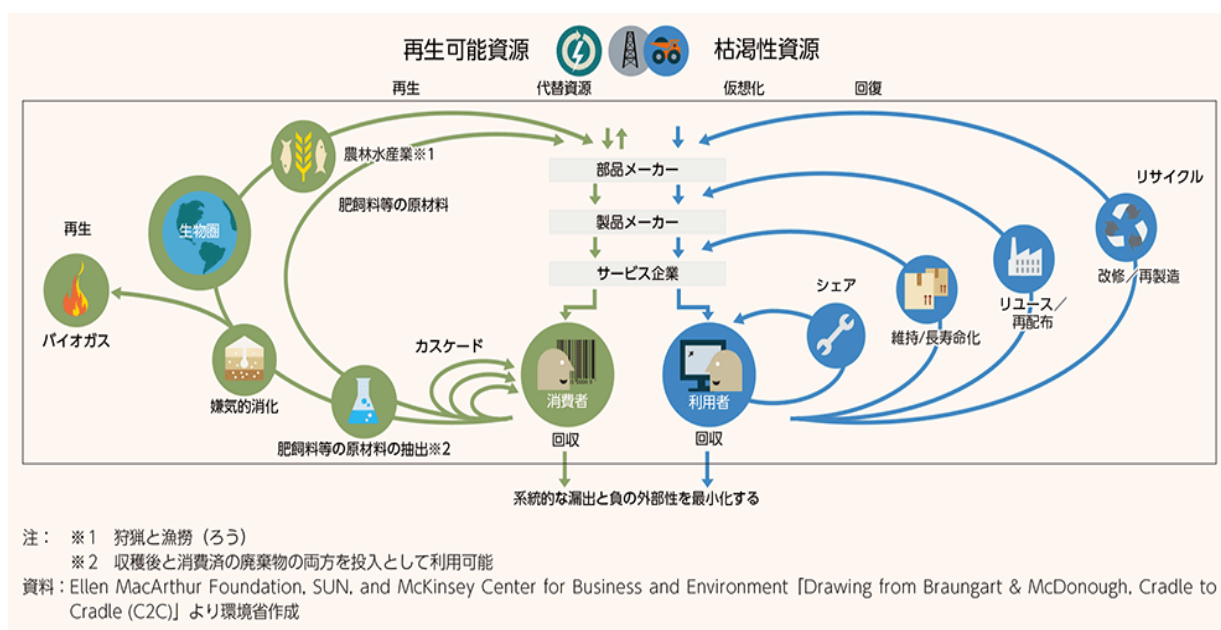


図 8 エレンマッカーサー財団の Circular Economy (循環経済) の概念図

出所：環境省 平成 28 年版環境・循環型社会・生物多様性白書

さらに、財団は 2016 年 1 月のダボス会議で New Plastic Economy を提案し、これが EU プラスチック戦略の基礎になった。New Plastic Economy では、解決すべき優先課題として、シングルユース プラスチックが取り上げられている。

表 6 EU の政策とエレン・マッカーサー財団の活動の経緯

年	EU	エレン・マッカーサー財団
2010	3 月 EUROPE 2020 (新経済成長戦略) 資源の効率的利用 (RE)	財団設立
2011	9 月 RE に向けたロードマップ	
2012		1 月 Toward Circular Economy vol.1 an economic and business rationale for an accelerated transition
2013	12 月 EU 第 7 次環境行動計画 (資源効率・低 炭素社会を作るために廃棄物を資源に転換する ことに注力宣言)	1 月 Toward Circular Economy vol.2 opportunities for the consumer goods sector
2014	9 月 RE ロードマップ進捗報告 CE コミュニケーションペーパー	1 月 Toward Circular Economy vol.3 Accelerating the scale-up across global supply chains
2015	12 月 サーキュラーエコノミー (CE) パッケージ 5 分野 (プラスチック、バイオマス・バイオ由来資源他)	
2016		1 月 ダボス会議 (World Economic Forum) にて、 “The New Plastic Economy” 発表 (容器包装材 料が主体: 財団、マッキンゼー、Forum 共同の 3 年間の研究成果)
2017		11 月 A New Textile economy
2018	1 月 EU プラスチック戦略 5 月 廃棄物のリサイクル率規制、シングルユース プラと漁具の規制案	イギリス 1 月 マイクロビーズの禁止 環境 25 年計画
2019	3 月 シングルユース プラスチックと酸化型生分 解性プラスチックの規制法案を EU 議会で可決し た。2021 年までに各国で実施。	

各種資料より旭リサーチセンター作成

2.3 EU プラスチック戦略とシングルユース プラスチックの規制

表 6 に示すように、EU は 2010 年の新経済成長戦略の柱として、資源の効率的利用 (RE: Resource Efficiency) を取り上げ、2015 年にはそれを発展させたサーキュラーエコノミー (CE) パッケージを発表した。プラスチック、バイオマス・バイオ由来などの 5 分野を重点分野に選定した。そして、プラスチックを最優先課題として取り上げ、2018 年 1 月に EU プラスチック戦略を発表した。

(1) EU プラスチック戦略 (2018 年 1 月)

EU プラスチック戦略の基本思想は Circular Economy である。EU の危機感は、プラスチックの大量使用による①資源枯渇 (石油などの資源供給リスク)、②温暖化ガスの発生、③海洋プラスチック問題であり、また背景に①資源を中東、ロシア、米国に握られていること、②石油化学で中東と米国の攻勢に直面する EU の苦しい立場がある。この危機を克服して使命を実現すべく、EU はまずプラスチックの Circular Economy への移

行（transition）を加速することを決定した。そして、マテリアルリサイクルを根幹に据え、これを推進する戦略を構築した。

戦略の骨子は、a. プラスチックリサイクル設備の近代化とその能力の4倍拡大（2030年に1,000万トン/年に）、b. EPR（拡大生産者責任）¹²を拡大して財源を確保し、リサイクルに適した製品設計、優れたリサイクル技術（選別技術など）の開発に経済的インセンティブを供与する仕組みの構築、c. 効果的分別収集方法の確立、d. 世界トップのリサイクル技術を駆使しての世界市場の席捲、e. 法規制やプラスチック再生材の基準・規格（ISOなど）で世界をリードすることなどを目論んでいる。

（2）各種法規制の発表

EU プラスチック戦略の発表後、2018年5月にプラスチック廃棄物のリサイクル率目標（表7）を決定し、EU各国が承認した。容器包装廃棄物の新リサイクル目標は、プラスチックは2025年50%、2030年55%となっている。紙と段ボールが各75%、85%より低い。半面、缶に使われるアルミニウムは各50%、60%と意外に低い数字である。

なお、この目標の中で廃棄物の埋立て処理は2035年までに10%以下にすること、リサイクル目標を達成するために拡大生産者責任制度（EPR）を強化することが明示されている。

表7 EUの自治体廃棄物のリサイクル目標（2018.5.22）

自治体廃棄物のリサイクル目標		
2025年まで	2030年まで	2035年まで
55%	60%	65%

容器包装廃棄物の新リサイクル目標		
	2025年まで	2030年まで
全包装	65%	70%
プラスチック	50%	55%
紙と段ボール	75%	85%
木材	25%	30%
鉄	70%	80%
アルミニウム	50%	60%
ガラス	70%	75%

○ 廃棄物の埋立て処理は2035年までに10%以下にする（現在31%）

○ 拡大生産者責任制度（EPR）を強化する。

出所：EU

¹² 生産者が使用済み製品の処理まで責任を持つ制度。詳細は、2頁の用語・略語集を参照。

また 2018 年 5 月にシングルユース プラスチック（使い捨てプラスチック）10 品目と漁具についての規制案を発表した（表 8）。そして、2019 年 3 月に EU 議会で具体的最終案が可決した。

表 8 EU におけるシングルユース プラスチックなどへの対策

■ 欧州委員会は2018年5月28日、大量に蓄積した有害なプラスチック海ごみ削減に向けて、EU全域に渡る新しい規制を提案した。欧州の海岸や海に多く見られる、使い捨てプラスチック10品目と漁具を対象とした規制内容案は以下のとおり。

	消費削減	市場規制	製品デザイン要求	ラベル要求	EPR	分別収集対象物	意識向上
食品容器	○				○		○
飲料のフタ	○				○		○
綿棒		○					
カトラリー・皿・マドラー・ストロー		○					
風船の棒		○					
風船				○	○		○
箱・包装					○		○
飲料用容器・蓋			○		○		○
飲料用ボトル			○		○	○	○
フィルター付タバコ					○		○
ウエットティッシュ				○	○		○
生理用品				○			○
軽量プラスチック袋					○		○
漁具					○		○

- ・ 消費削減：各国が削減目標を設定し、代替品普及や使い捨てプラ有料配布を実施
- ・ 市場規制：代替物が容易に手に入る製品は禁止。持続可能な素材で代替品を作るべき製品の使用禁止
- ・ 製品デザイン要求：複数回使用可能な代替物・新しい素材やより環境に優しい製品デザイン
- ・ ラベル要求：廃棄方法表示・製品の環境負荷表示・製品にプラが使用されているか表示
- ・ EPR(生産者の義務拡大)：生産者はごみ管理・清掃・意識向上へのコストを負担する
- ・ 分別収集対象物：デポジット制度等を利用し、シングルユースのプラスチック飲料ボトルの90%を収集する
- ・ 意識向上：使い捨てプラ・漁具が環境に及ぼす悪影響について意識向上させ、リユースの推奨・ごみ管理を義務付ける

出所：環境省

2019 年 3 月に EU 議会で可決したシングルユース プラスチックと酸化型生分解性プラスチックの規制法案の内容を以下に示す¹³。

① 市場で代替品のある **選択されたプラスチック製シングルユース製品の禁止**

(*Ban*)：綿棒の芯、カトラリー、皿、ストロー、スターラー（マドラーのこと）、風船の柄、および発泡ポリスチレン製のコップや食品・飲料用容器・包装、および酸化型生分解性プラスチック¹⁴ 製全製品。

② プラスチック製の食品包装容器や飲料カップの **消費を減らすための対策**とある種の製品についての特定の表示・ラベリング。

¹³ 2019 年 3 月 27 日 EU Commission(欧州委員会:ブリュッセル)

http://europa.eu/rapid/press-release_STATEMENT-19-1873_en.htm

¹⁴ PE に酸化触媒としてマンガンの脂肪酸塩などの触媒を添加して、PE の光酸化や熱酸化を加速させたもの。酸化分解物(低分子量 PE)は生分解性があるとメーカーは主張するが、反対派は生分解性を否定していて長年議論が続いている。今回、EU は思い切った規制を打ち出した。

③タバコフィルターや漁具のごみを清掃するために発生する費用をカバーする *EPR* (拡大生産者責任) スキーム。

④プラスチック製ボトル分別回収目標を 2029 年までに 90% (2025 年までに 77%)、また、キャップとボトル接続部の設計基準の導入、また PET ボトルに含まれる再生材料比率を 2025 年までに 25%以上、2030 年まで全プラスチックボトルについて再生材料比率を 30%以上にすることを目標とする。

今後、2021 年までに EU 各国で法制化される。

なお、EU は、プラスチックリサイクルとしてマテリアルリサイクルを最優先に考えている。ケミカルリサイクルについては重点的に開発中と書かれているが、具体的内容は発表されていない。サーマルリサイクル (EU はサーマルリカバリーと呼んでいる) はマテリアルリサイクルより価値の低いものとして位置付けられている。埋め立て処理は、最悪の処理方法で、数値目標を挙げている (表 7 の付記参照、2018 年 31%の埋立比率を 2035 年までに 10%以下にする)。

(3) 廃棄物管理のヒエラルキー

EU がマテリアルリサイクルを最優先に考え、サーマルリサイクルをそれよりも価値の低いものに見ている技術的根拠を調査したが、見あたらなかった。

これに深く関係するものとして、EU には Hierarchy of Waste Management (廃棄物管理のヒエラルキー) の思想がある。

ヒエラルキーの最初の記載は 2002 年の “EU Waste Policies and Challenges for Local and Regional Authorities” といわれる (図 9)¹⁵。ここでは、もっとも望ましい選択から最も望ましくない選択まで、① Prevention、② Reduction、③ Reuse、④ Material Recovery、⑤ Energy Recovery、⑥ Final Disposal のピラミッドの図が示されている。

¹⁵ Ecologic, Institute for International and European Environmental Policy, EU Waste Policy and Challenges for Regional and Local Authorities, December 2002 https://www.ecologic.eu/sites/files/download/projekte/1900-1949/1921-1922/1921-1922_background_paper_waste_en.PDF

その後、欧州委員会はサーキュラーエコノミー（CE）パッケージ実施中の 2017 年 5 月に、廃棄物処理法案に関連して図 10 の逆 3 角形の Waste hierarchy を記載している¹⁶。ここでは、① Prevention、② Preparing for Re-use、③ Recycling、④（Energy）Recovery、⑤ Disposal である。表現が少し変わっており、③ Recycling と④（Energy）Recovery を明確に区別している。

ヒエラルキーの上位から試みて、できないければそれより一つ下位の処理をするという考えである。例えば、リサイクルができないときは、やむを得ず（エネルギー）リカバリーを行うということである。

このヒエラルキーはプラスチックだけを対象にしているわけではなく、金属、ガラスなど窯業品、紙、食品など廃棄されるすべての材料が含まれる。マテリアルリサイクルはすべての材料が対象になるが、エネルギーリサイクルができるのは、紙、プラスチック、食品だけである。紙はマテリアルリサイクルが進んでおり（再生紙）、焼却してエネルギー回収（紙の燃焼熱は PE の 30% と小さい）するよりはるかにましであるという考えである。

また、マテリアルリサイクルを重視する理由は、サーキュラーエコノミーの基本的考えにあるのではないかと推定する。現在、EU では、既存エネルギー（石油、石炭、天然ガスなど）は再生可能エネルギー（太陽電池、風力、バイオマスなど）に変換することが強力

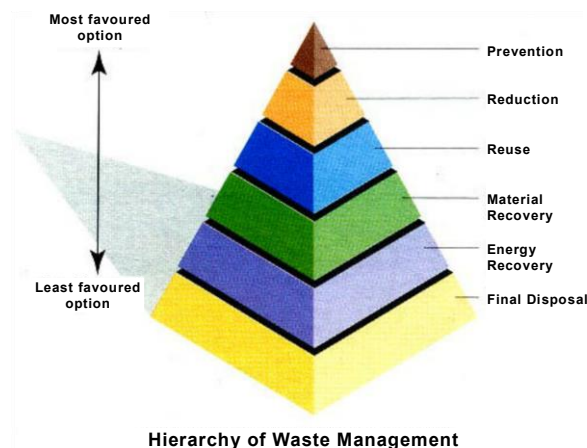
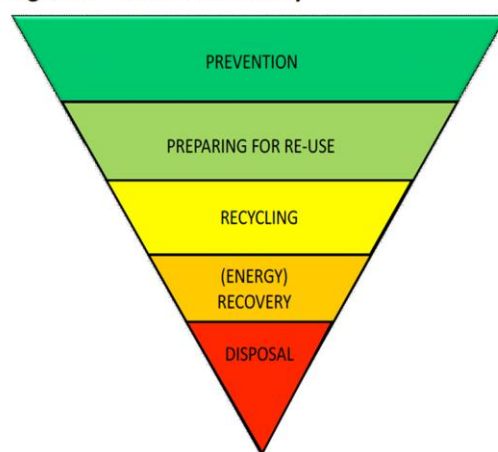


図 9 廃棄物管理のヒエラルキー

出所：Ecologic, Institute for International and European Environmental Policy.

Figure 3 – Waste hierarchy



Source: European Commission.

図 10 廃棄物のヒエラルキー

出所：EU 委員会

¹⁶ <https://epthinktank.eu/2017/05/29/circular-economy-package-four-legislative-proposals-on-waste-eu-legislation-in-progress/>

に推進され、実現の可能性が見えてきている。そういう状況の中では、枯渇資源（石油など）由来の回収エネルギーは望ましくないか、将来的には不要である。それよりも、残された重要課題は「石油化学製品の原料として消費される枯渇資源（石油など）を如何に減らすか」である。そして、マテリアルリサイクルやバイオマスプラスチックの採用がその重要な方策と考えている。

2.4 G7シャルルボアサミットの「G7海洋プラスチック憲章」（2018年6月）

この「G7 海洋プラスチック憲章¹⁷」を抜粋すると、

- 2030 年までに、プラスチック用品を全て、再利用可能あるいはリサイクル可能、またどうしても代替物がないときはリカバリー（熱回収）可能に転換する。
- プラスチック代替品の環境インパクトも考慮しつつ、不必要なシングルユースプラスチック用品を著しく削減する。
- 2030 年までに、可能な製品について、プラスチック用品の再生素材利用を 50% 以上増加する。
- 2030 年までに、プラスチック容器包装の再利用またはリサイクルを 55%以上に、また 2040 年までにすべてのプラスチックを熱回収を含め 100%リサイクルする。
- スクラブ剤用途のマイクロビーズの使用を 2020 年までに削減する。

G7・7 か国のうち、米国と日本は憲章に署名しなかった。

2.5 日本のプラスチック資源循環戦略¹⁸（2018年10月）

日本は G7 海洋プラスチック憲章に署名しなかったため、国際的に批判された。そういう背景のもとに、政府は 1 年後の 2019 年 6 月開催の G20 大阪サミットに向けてプラスチック資源循環戦略の作成にとりかかった。そして、2018 年 10 月 19 日に戦略案を発

¹⁷ 憲章の内容を見ると、資源循環に関する項目が中心となっていて、海洋プラスチック問題の対策は二の次になっている。しかし、かろうじて憲章の名前は「G7海洋プラスチック憲章」であった。

¹⁸ 日本の案はついに海洋が消えて、資源循環が強く表に出た内容となった。数字目標中には海洋プラスチックごみ関連は入っていない。

表した。その後、関係する各団体の意見聴取、パブリックコメントが行われたが、内容の変更はなく、2019年5月31日に公式に発表された¹⁹。

本戦略は3R+Renewable（再生可能資源への代替）を基本原則としたものである。

以下に、本戦略の数値目標が記載された重要部分を抜粋した。

『本戦略の展開に当たっては、以下のとおり世界トップレベルの野心的な「マイルストーン」を目指すべき方向性として設定し、国民各界各層との連携協働を通じて、その達成を目指すことで、必要な投資やイノベーションの促進を図ります。

（リデュース）

- ・消費者はじめ国民各界各層の理解と連携協働の促進により、代替品が環境に与える影響を考慮しつつ、2030年までに、ワンウェイのプラスチック（容器包装など）を累積で25%排出抑制するよう目指します。

（リユース・リサイクル）

- ・2025年までに、プラスチック製容器包装・製品のデザインを、容器包装・製品の機能を確認することとの両立を図りつつ、技術的に分別容易かつリユース可能又はリサイクル可能なものとすることを目指します（それが難しい場合にも、熱回収可能性を確実に担保することを目指します）。
- ・2030年までにプラスチック製容器包装の6割をリサイクル又はリユースし、かつ、2035年までにすべての使用済プラスチックを熱回収も含め100%有効利用するよう、国民各界各層との連携協働により実現を目指します。

（再生利用・バイオマスプラスチック）

- ・適用可能性を勘案した上で、政府、地方自治体はじめ国民各界各層の理解と連携協働の促進により、2030年までに、プラスチックの再生利用を倍増するよう目指します。
- ・導入可能性を高めつつ、国民各界各層の理解と連携協働の促進により、2030年までに、バイオマスプラスチックを最大限（約200万トン）導入するよう目指します。』

¹⁹ <https://www.env.go.jp/press/files/jp/111747.pdf>

なお、バイオマスプラスチック²⁰を最大限（約200万トン）導入については、量的に実現性のすくない挑戦的課題との意見が多い。

2.6 G20大阪サミット（2019年6月28日、29日）

サミットでは、「2050年には海洋プラスチックごみの新たな汚染をゼロにする」ことが合意された。なお、日本のプラスチック資源循環戦略についてどう議論されたかは発表されていない。

2.7 国連環境計画（UNEP）

UNEP（国連環境計画）は海洋プラスチック問題に当初から取り組んできている。2014年6月に第1回が始まった国連環境総会（UNEA：UNEP主催）においても重要な課題として取り上げてきた。そして直近では、UNEA-4（第4回国連環境総会）が2019年3月にナイロビで開催された²¹。そこで、2019年国連環境総会閣僚宣言「環境課題と持続可能な消費と生産のための革新的な解決策」が発表された。このうち、シングルユースプラスチックに関する下記の項が含まれている。ただし、米国はこの項に不参加であった。

「2030年までにシングルユースプラスチック製品を大幅に削減することを含む、プラスチック製品の持続不可能な使用と処分によって引き起こされる生態系への被害に取り組むとともに、適正な価格で環境に優しい代替品を見つけるために、民間部門と協働する。」²²

また、「海洋プラスチックごみ及びマイクロプラスチックに関する決議」が出されたが、シングルユースプラスチックに関する記載はない²³。

²⁰ バイオマスプラスチックの大量導入を考えると、プラスチックの種類としてはバイオPEやバイオPET³⁰などのいわゆるドロップインプロダクトの採用が実現性が高い。ドロップインプロダクトはバイオマスを原料とすることを除いて、石化製品（PEやPET）と全く変わらないので、既存の成形インフラを使って同じ成形加工品をつくることができるからである。ドロップインプロダクトタイプのバイオマスプラスチックは通常のPEやPETと変わらないので、当然海洋プラスチック問題の解決にはならない。

²¹ <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27235/UNEA-4%20Leaders%20Passport.pdf?sequence=13>

²² <https://www.env.go.jp/press/files/jp/111084.pdf>

²³ <https://www.env.go.jp/press/files/jp/111086.pdf>

UNEP はシングルユース プラスチックの削減と代替材料に関するリポートを発表している（参考文献 5）。この中で、各国のシングルユース プラスチックの規制や禁止の状況を詳細にまとめている。環境省の要約を表 9 に示す。

表 9 各国のシングルユース プラスチック(使い捨てプラスチック)対策の動向

各国の使い捨てプラスチック対策の動向		
■ 各国で使い捨てプラスチック対策への取組が行われている - 対象のプラスチック製品：レジ袋、食品容器、ストロー、カトラリー等 - 手法：無償配布禁止（有料化）、課税、製造・販売・使用等の禁止		
対象	手法	主な導入国・地域
レジ袋	有料化・課税	韓国、ベトナム、インドネシア、イスラエル/ボツワナ、チュニジア、ジンバブエ/フィジー/コロンビア/ベルギー、ブルガリア、チェコ、デンマーク、エストニア、ギリシャ、ハンガリー、アイルランド、イタリア、ラトビア、マルタ、オランダ、ポルトガル、ルーマニア、スロバキア、キプロス
	製造・販売・使用等の禁止	バングラデッシュ、ブータン、中国、台湾、インド、モンゴル、スリランカ/アフリカ25カ国（コートジボワール、エチオピア、ケニア、モロッコ、セネガル、南アフリカ等）/パプアニューギニア、バヌアツ、マーシャル諸島、パラオ/アンティグア・バーブーダ、ハイチ、パナマ、ベリーズ/フランス
容器	販売禁止	フランス
	無償提供の禁止	台湾 ※方針公表
ストロー	販売禁止	イギリス ※方針公表
	店舗での提供禁止	台湾 ※方針公表
カトラリー	販売禁止	フランス

出所：環境省

EU を中心とする先進国は、主としてプラスチック資源循環の観点からシングルユース プラスチックの対策を優先課題としている。一方、インドネシア、タイ、中国などでは生活水準の向上による食品包装の欧米化や人口増と都市部への人口の集中からプラスチック容器包装の使用量が急増し、その廃棄物の処理が追い付かず危機的状況にある。特に、インドネシアは軍隊を出動して川や海のプラスチックごみを回収したり、これまで使っていたバナナの皮を再度使用することが考えられている。したがってこれらの国でのシングルユース プラスチックの普及ストップは差し迫ったものであり、規制はそのためのものである。この危機に直面し、2018 年にインド首相が 2022 年までに国内のすべてのシングルユース プラスチックを排除すると宣言した²⁴。インドは UNEA-4 の会議でもシングルユース プラスチックのフェイズアウトを強く主張したといわれる。

²⁴ <https://www.weforum.org/agenda/2018/06/india-will-abolish-all-single-use-plastic-by-2022-vows-narendra-modi/>

世界の海洋プラスチックごみを量的に削減するためには、発展途上国の廃プラを適切に処理して、川や海にプラスチックが捨てられる状況を回避することが最も有効であることは明らかである。

2.8 海洋プラスチック問題とプラスチック資源循環

国際的に、海洋プラスチックごみ問題がまずグローバルな環境問題としてまず注目され、さまざまなトピックスが取り上げられた。そして、海洋プラスチックごみ問題がトリガーとなって、問題がプラスチック資源循環問題に拡大し、現在はそちらに重点がシフトしたように見える。意図的にシフトしようとする力も働いている。

国連のSDGsで言えば、SDG14の海洋環境の保全からSDG12の資源の有効利用（リサイクル）へのシフトである。さらに、一部は地球温暖化問題（SDG13）にまで話が広がる。

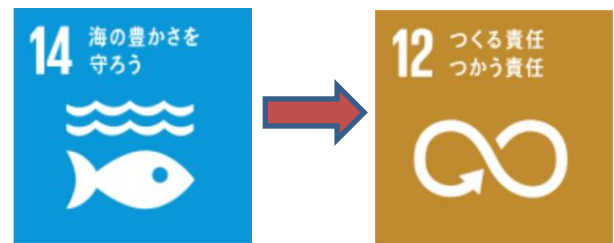


図 11 海洋プラスチック問題から資源循環問題へシフト
関係資料より旭リサーチセンター作成

図 11 の 2 つの問題は別問題であるが、合わせて議論されるため混乱があるように見える。論点整理とそれぞれの問題に対する適切な解決策が求められる。

このなかで、シングルユース プラスチックは両方の問題に関係しているが、元々は資源循環の方策である。

おわりに

シングルユース プラスチックの主要材料である PET と炭化水素系の PE・PP・PS・EPS について、両者の基本特性、製法、需要、用途をできるだけ基礎的にまとめた。両者はいろいろの面で対照的であるが、PET はリサイクル性があり耐久性に優れコストも安いので、資源循環の時代にはより重要なプラスチックになると考えられる。

また両者ともマテリアルリサイクルはバージンポリマーの製造よりも CO₂ の発生量が少ないことがわかった。

一方、プラスチックを取り巻く世界の情勢は厳しく、また激動しており、予断を許さない。そのなかで、EU プラスチック戦略、G7 シャルルボアサミット、日本のプラスチック資源循環戦略は共通して、「2030 年までに容器包装プラスチックの 55～60%程度をリユース・リサイクルする」ことを目標にしている。日本がこれを実現するためにはマテリアルリサイクルの拡大・充実が急務である。.

また、EU のサーキュラーエコノミー（CE）パッケージとプラスチック戦略に対して日本はどう考え、どう対応していくかが迫られている。

これらの課題について、本リポート続編「日本のプラスチックリサイクルの現状と課題」－PET 対 PE・PP・PS・EPS のなかで引き続き議論する。

参考文献

1. ARCレポート：府川伊三郎

- ① 海洋プラスチックごみとマイクロプラスチック（上） 2017年11月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1019.pdf

- ② マイクロプラスチック：海洋プラスチックごみとマイクロプラスチック（下）

2017年12月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1020.pdf

- ③ 浮遊するPE・PPマイクロプラスチックの生成と行方 2018年7月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1026.pdf

- ④ バイオマス化学 2014年9月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-978.pdf

2. 一般社団法人 プラスチック循環利用協会：<http://www.pwmi.or.jp/>

旧特例社団法人 プラスチック処理促進協会

「プラスチックリサイクルの基礎知識」 <http://pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>

3. 公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会：<https://www.jcpra.or.jp/>

4. PETボトルリサイクル推進協議会：<http://www.petbottle-rec.gr.jp/>

5. UNEP “SINGLE-USE PLASTICS” (2018)

6. 環境省：プラスチックを取り巻く国内外の状況 第3回資料集 (2018.12)

<https://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-03/y031203-slr.pdf>

7. 松藤敏彦編 プラスチックリサイクル入門（技報堂出版）

<本リポートのキーワード>

シングルユース プラスチック、使い捨てプラスチック、プラスチックリサイクル、PET ボトル、資源循環、EU プラスチック戦略、廃プラスチック、中国の廃プラ輸入禁止、サーキュラーエコノミー

(注) 本リポートは、ARC のWEB サイト (<https://arc.asahi-kasei.co.jp/>) から
検索できます。

このリポートの担当

主席研究員 新井 喜博

お問い合わせ先 03-6699-3095

E-mail arai.yc@om.asahi-kasei.co.jp