

2030年の日本のプラスチック

(リサイクルとバイオマスプラスチック)

リサイクルとバイオマスプラスチックについて最近の国際的動向を概観した。その中で、EUのリサイクル規制が「世界標準」になり2030年(SDGsのゴール)に日本に適用されることを想定し、その場合に生じる問題点と対策を考えた。「世界標準」の容器包装プラスチックのリサイクル率55%と再生材含有量30%などを達成するためには、2030年までにPE、PP、PSのメカニカルリサイクルの強化(約10万トン)と約80万トン/年のケミカルリサイクルプラント(マスバランス方式を利用)の建設が必要になると試算した。

2023年4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

- ◆プラスチックのリサイクルは難しく、リサイクル率は金属に比べてはるかに低い。 (P. 1)
- ◆2030年はSDGsゴールの年であり、容器包装プラスチックの規制が焦点となる。 (P. 3~4)
- ◆「プラスチック汚染を終わらせる：国際的な拘束力のある協定書（合意）に向けて」の決議が国連 UNEA5.2 で採択され、協定書内容を決める政府間交渉委員会がスタートした。今後、協定書にEUのプラスチック規制などが盛り込まれ、世界標準になる可能性がある。 (P. 5~7)
- ◆混合廃プラ（PE/PP/PS）の熱分解法ケミカルリサイクルプラントの建設が本格的に始まり、計画を含め処理能力は世界で計約184万トン/年に達した。欧米日韓の石油化学会社約25社が既に参入している。また、PET（ペット）ボトルのCR工場の処理能力も計画を含め計41万トン/年になる。 (P. 8~12)
- ◆EUの2030年規制には、①容器包装廃プラのリサイクル率目標（55%）、②プラスチックボトルの再生材含有率規制（30%以上）などがある。また、欧米の化学業界は、2030年に容器包装プラスチックの再生材含有量を30%にする規制を政府に提案している。 (P. 13~14)
- ◆バイオナフサを原料とするバイオマスプラスチックは、再生可能資源を使用し、カーボンニュートラルなことから、リサイクルとともに循環経済実現の有力な手段である。バイオマスプラスチックとリサイクルの比較、バイオマス資源利用拡大の制約、バイオ燃料との関係、価格動向について調査し、バイオマスプラスチック大量導入の可能性を探った。 (P. 14~18)
- ◆2030年のリサイクルの方向を決めるその他キーファクターとして、マスバランス方式、ライフサイクルアセスメント（LCA）、技術のイノベーションについて解説した。 (P. 19~22)
- ◆2030年にEUの規制などが「世界標準」（容器包装プラスチックのリサイクル率55%と再生材含有量30%など）になることを想定した。その対応として、日本はサーマルリサイクルを減らし、容器包装用のメカニカルリサイクル再生材の拡充（約10万トン）と、混合廃プラ（PE/PP/PS）の熱分解法ケミカルリサイクルプラント（マスバランス方式利用、2030年までに処理能力約80万トン/年）の建設が必要と試算した。廃プラの分別収集拡大、廃プラ固形燃料の一部を焼却からリサイクルにシフト、廃プラや再生材の輸出禁止などの対策が考えられる。 (P. 23~28)
- ◆欧米のリサイクルの現状と2030年の姿について簡単に解説した。 (P. 29~32)

目次

はじめに.....	1
用語・略語.....	2
1 2030年はSDGsのゴール：容器包装プラスチックの規制が焦点.....	3
2 国連UNEA5.2の決定とEU循環経済政策のグローバル化.....	5
2.1 プラスチック汚染を終わらせるための拘束力のある協定書に向けて.....	5
2.2 EUの循環経済政策がUNEAの協定書に盛り込まれて世界標準に.....	5
3 2030年のプラスチックリサイクルの姿を決める政策と技術.....	8
3.1 リサイクル技術とケミカルリサイクルプラントの建設.....	8
3.2 リサイクル関係の規制と税制.....	13
3.3 バイオマスプラスチック.....	14
3.4 マスバランス方式.....	19
3.5 ライフサイクルアセスメント（LCA）.....	20
3.6 リサイクル技術のイノベーション.....	22
4 2030年の「世界標準」と必要な日本の対応.....	23
4.1 2030年に発生する問題と対策.....	23
4.2 2030年の日本のプラスチックリサイクルの姿.....	26
5 欧米のリサイクルの現状と2030年.....	29
5.1 欧州の現状と2030年.....	29
5.2 米国の現状と2030年.....	31
おわりに.....	33
参考文献（引用文献）.....	34

はじめに

よく知られているように、世界のプラスチックのリサイクル率は約9%¹で、鉄の70~90%、アルミニウムの50%以上に比べはるかに低い²。これには二つ理由があり、一つはプラスチックの付加価値が原料の石油（ナフサ）に比べあまり高くないのに対して、鉄（アルミニウム）は原料の鉄鉱石（ボーキサイト）から大量のエネルギーを使用してつくられるため原料に比べてかなり付加価値が高いことである。もう一つはプラスチックのリサイクルが、鉄（アルミニウム）のリサイクルに比べ、技術的にも経済的にもはるかに難しいためである。

このため、プラスチックのリサイクルは採算が合わず、EPR（拡大生産者責任）や国の支援を得てようやく成り立ってきたのである。これまで、世界でプラスチックのリサイクルの必要性が叫ばれてきたが、思うようにリサイクルが進まなかった理由はそこにある。

この困難な課題に本気で挑戦することを表明したのが、2018年1月に発表されたEUの「循環経済における欧州プラスチック戦略（A European Strategy for Plastics in a Circular Economy）」である。そして、2022年の国連環境総会（UNEA5.2）の決議を通して、このEUの戦略（規則）が世界標準になる道筋が見えてきた。

そこで、2030年に世界標準が日本に適用されることを仮定して、その際の日本のリサイクルの問題点と対策を考えてみた。また、リサイクルとともに循環経済実現の有力な手段であるバイオマスプラスチックの大量導入の可能性についても考察した。

¹ OECD リポート（2022年2月22日）

<https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm>

² UNEP の金属リサイクル率に関するリポート（2011年）、21頁と23頁

https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/metals_status_report_summary_english.pdf

用語・略語

(1) 全般(順不同)

- ・メカニカルリサイクル (mechanical recycling (略:MR)) : 粉碎、洗浄、造粒と機械的に廃プラをリサイクルする方法。マテリアルリサイクルと同じ意味。
- ・ケミカルリサイクル (chemical recycling (略:CR)) : ポリマーを分解して、モノマーや化学品にする化学反応を含むリサイクル方法³。米国では Advanced recycling と呼ぶ。
- ・水平リサイクル : 使用済み製品を、同じ製品に再生すること (ボトル to ボトルなど)。
- ・リサイクラー (Recycler) : 廃プラの再生処理により再生材を製造する企業。
- ・再生材 : 本リポートでは再生プラスチックの意味で使用。
- ・バージンプラスチック : (通常の石油化学で製造される) 未使用プラスチックのこと。
- ・廃プラ (廃プラスチック) : 使用済みプラスチック、プラスチック廃棄物と同じ意味。
- ・ポリオレフィン : 本リポートでは、PE と PP の総称。

(2) 略号と英用語(順不同)

- ・LCA (Life Cycle Assessment) : 製品に必要な原料の採取から、製品が使用され、廃棄されるまでのすべての工程での環境負荷を定量的に評価すること。
- ・MSW (Municipal Solid Waste) : 都市固形廃棄物 (プラスチック、金属、紙・段ボール、ガラス、生ごみなどを含む混合廃棄物)。

(3) 欧米の政府機関、業界協会など

ACC : American Chemistry Council (米国化学工業協会)

APR : Association of Plastic Recyclers (米国プラスチックリサイクラー協会)

EPA : Environmental Protection Agency (米国環境保護庁)

Plastics Europe : 欧州プラスチック協会

PRE : Plastics Recyclers Europe (欧州プラスチックリサイクラー協会)

UNEA : United Nations Environment Assembly (国連環境総会) : UNEP の決定機関

(4) プラスチックの略号: 表 1 を参照されたい。

³ 技術の基礎や CR 全般については、参考文献 (4) 参照。

1 2030 年は SDGs のゴール: 容器包装プラスチックの規制が焦点

2030 年は SDGs のゴールの年である。プラスチックに関わる主たる SDGs は SDG12、13、14 である。



海洋プラスチック汚染問題が世界の注目を浴び、それがトリガーとなりプラスチックの循環経済（リサイクル）問題に拡大した印象がある。プラスチックリサイクルはこれまでずっと取り組まれてきたが、なかなか実績が上がらず、いわば永遠の課題であった。海洋プラスチック汚染問題が脚光を浴び世界的に危機感が高まったことを力にリサイクルを強力に推進しようとする意志を感じた。

この二つの問題はいずれも解決すべき重要な環境問題であるが、よく考えてみると、海洋プラスチックごみは不適切に処理されたプラスチックの問題であり、対象はプラスチック消費の 2%以下である。一方、プラスチックリサイクルは残りの 98%以上を対象にする。したがって、二つの問題は本質的に異なり、別々に対策を議論すべきであろう。

半面、両問題を密接に関係づけたのは容器包装用（シングルユース）プラスチック⁴であった（参考文献(1)）。プラスチック全体の約 5 割を占め⁵、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、（発泡）ポリスチレン（PS）、ポリエステル樹脂（PET：ペットボトルなど）が主要材料である（表 1）。海洋漂着ごみの多くがこの容器包装プラスチック（容器包装プラと略す）である。シングルユースプラスチックは短期間の 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（CO₂）を発生する。また無料配布や安価なことからポイ捨てされやすい。

⁴ 容器包装は、英語では Packaging。

⁵ <https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf>

また、炭化水素系汎用プラスチックの PE、PP、PS は、陸上や海岸で紫外線に当たると光酸化で劣化し、これに力加わると細分化されてマイクロプラスチック（通常の見義は直径 5 mm以下の粒子）を生成する。これは、二次的マイクロプラスチックと呼ばれ、海洋表面を漂流し、粒径が小さいので海洋生物（動物プランクトンから大きな魚まで）が誤食する問題を引き起こす。

以上のことから、国際的に容器包装用シングルユースプラスチックの使用削減策が実施されてきた。

表 1 汎用プラスチック・汎用繊維の種類と特性、主用途、日本の廃プラ発生量

プラスチック名	比重 (g/cc)	マイクロプラスチックになりやすさ	主用途	日本の廃プラ発生量 (2020)
(線状) 低密度ポリエチレン (LDPE、LLDPE)	0.91~0.93	なりやすい	容器包装材料 (フィルム、シート)、農業フィルム 絶縁用電線被覆	290万トン
高密度ポリエチレン (HDPE)	0.94~0.965	なりやすい	容器とボトル・包装材料 (F&S) パイプ、クレート、雑貨	
ポリプロピレン (PP)	0.90~0.92	なりやすい	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	190万トン
発泡ポリスチレン (発泡PS: EPS)	0.01~1.05	なりやすい	カップ麺容器、トレイ、シート 魚箱、緩衝材、断熱材	96万トン (ABS、ASを含む)
ポリスチレン (PS)	1.04~1.09 (浮くかどうかの境界)	なりやすい	食品用などのトレイ・シート、容器 電気製品	
ポリ塩化ビニル (PVC)	1.16~1.30	なりにくい	建設・住宅 (パイプ、雨どい、壁紙、タイル)、 電線被覆	66万トン
ポリエステル樹脂 (PET)	1.34~1.39	なりにくい	飲料水用PETボトル、シート・トレイ、容器、 各種ボトル	その他樹脂 150万トン
ポリエステル繊維	1.34~1.39	なりにくい	衣料、漁網	
ポリアミド (PA) 繊維	1.13	なりにくい	漁網、衣料、産業資材	
備考	海水比重は 1.03	光酸化反応と 崩壊・細片化	色地はシングルユース	出所: プラスチック 循環利用協会

出所: 各種資料より旭リサーチセンター作成。

2 国連 UNEA5.2 の決定と EU 循環経済政策のグローバル化

2.1 プラスチック汚染を終わらせるための拘束力のある協定書に向けて

2022年3月2日に、「Ban Plastic Pollution: towards an international legally binding instrument (プラスチック汚染を終わらせる: 国際的な拘束力のある協定書(条約)に向けて)」と題された歴史的決議が第5回国連環境総会(UNEA5.2)で採択された。

決議本文の冒頭に、プラスチック汚染として、マイクロプラスチックとプラスチック海洋汚染が明記されている。なお、今回の決議はプラスチックの海洋汚染問題だけでなく、プラスチック循環経済(への移行)問題が盛り込まれた。協定書(条約)の具体的内容は2024年末までに決定する予定で、どんな内容になるかが注目される。

以下、UNEPのプレスリリースを転載する。

「UNEP プレスリリース: ナイロビ、2022年3月2日—UNEA5.2で、プラスチック汚染を終わらせ、2024年までに国際的な法的拘束力のある協定書(条約)を形成するという歴史的決議を承認した。決議は、プラスチックの製造、設計、廃棄を含む、プラスチックのライフサイクル全体を扱うものである。政府間交渉委員会(INC: Intergovernmental Negotiating Committee)を設立し、2022年にその作業を開始し、2024年末までに世界的な法的拘束力のある合意案を完成させることを意欲的に目指している。①プラスチックのライフサイクル全体の多様な改善策、②リユースとリサイクルが可能な製品・材料の設計、③技術へのアクセス、能力構築(capacity building)、科学的小および技術的協力を促進するための国際協力強化のニーズなどを反映する法的拘束力のある協定書(条約)を提示することになる。」

2.2 EUの循環経済政策がUNEAの協定書に盛り込まれて世界標準に

(1) 第1回のINC(委員会)が2022年11月28日~12月2日にウルグアイで開かれた。注目されるのは、この委員会で「High Ambition Coalition to End Plastic Pollution」(以下、HAC)がプラスチックの生産抑制の法的拘束力を持つ国際的措置を求めたことである⁶。これ

⁶ <https://hactoendplasticpollution.org/wp-content/uploads/2022/11/final-HAC-Joint-Statement-INC-1-28-nov.pdf>

に対し、米国やサウジアラビアなどプラスチックや石油化学の世界的大手企業を抱える国々は反対した。

(2) HAC は、2022 年 8 月にノルウェーとルワンダの主導で設立された団体で、2040 年までにプラスチック汚染を終わらせることを目標に掲げている。現在、国連加盟国の 4 分の 1 以上と 50 か国を代表する世界のすべての地域からのメンバーがいる⁷。欧州諸国が参加している一方で、米国、中国、日本などは参加していない。

(3) 欧州委員会は、INC（委員会）開催直前の 11 月 24 日に EU が HAC に参加することをプレスリリースした⁸。その中で、「法的拘束力を持つ条約決定に向けて直ちに行動を起こすとともに、循環経済的アプローチをプラスチックに適用することを推進していく」ことを表明した。また、EU グリーンディール担当のティーマーマンスは、「2018 年に欧州プラスチック戦略が発表されて以来、EU はプラスチック汚染に取り組む原動力となっている。気候問題と生物多様性危機との闘いに私たち全員が取り組まなければならないと同様に、私たちはプラスチック汚染についても世界中で野心的な行動を推進し続けることを決意している。EU は、この HAC のメンバーとともに、プラスチック汚染を終わらせるための堅実でグローバルな計画を作成するために働く」と述べた。また、環境・海洋・漁業担当委員のシンケビチュウスは、「EU では、プラスチックごみを減らすための取り組みを継続的に強化し、法律を改善してきた。プラスチック汚染を終わらせるための HAC に参加することで、私たちはコミットメントを示すだけでなく、模範を示す用意もある」と述べた。また、ノルウェーの気候環境大臣で HAC の共同議長であるアイデは、「EU が HAC に加わったことを歓迎する。EU は長年のパートナーであり、プラスチック汚染との闘いにおける主導的な力を持っている。EU がこの役割を継続し、またグローバル条約のための HAC の作業に参加することは大いに元気づけられる。この条約により共通のグローバルルールを確立し、蛇口を止め、2040 年までにプラスチック汚染を真に効果的に終わらせる」と述べた。

⁷ https://environment.ec.europa.eu/news/advancing-towards-zero-pollution-eu-joins-call-ambitious-global-agreement-end-plastic-pollution-2040-2022-11-24_en

⁸ 同上

以上、EU のプレスリリースを詳しく紹介したのは、HAC と EU は一心同体であり、INC（委員会）において彼らの循環経済の思想と政策⁹を訴え、協定書に盛り込む強い意志と野心を持っていることを伝えたかったからである。UNEA の協定書に盛り込まれれば、EU の循環経済の政策（規則）は世界的な政策（規則）になる。

今回の INC（委員会）でプラスチックの生産抑制が提案されたが、予想される世界の大きな生産量増加を見れば¹⁰、妥当な主張であろう。生産抑制は、発展途上国の需要拡大抑制につながる。発展途上国の理解を得るためには、先進国がプラスチック容器包装をできるだけ減らすことが前提になるだろう。

図 1 に示すように、2014 年に一人当たりの容器包装プラの使用量が多かったのは、米国、日本、EU、中国の順である。インドはまだ少ない。生産量の伸びはない日本においても一人当たりのプラスチック消費量の削減が求められるだろう。

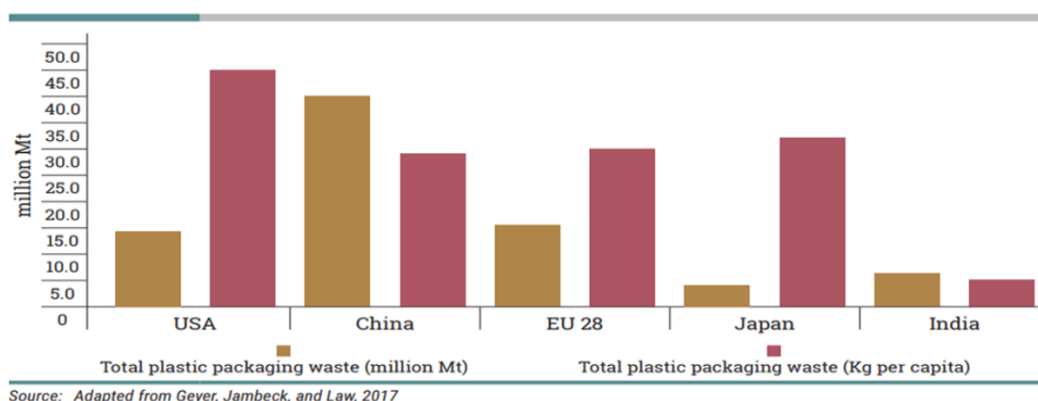


図 1 2014 年の容器包装プラスチック廃棄物の発生量(全体量と一人当たり)

出所：<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>

⁹ EU の基本思想は、2019 年 12 月発表のグリーンディールに示されており、プラスチックについては欧州プラスチック戦略でプラスチックの循環経済政策が示されている。グリーンディールについては、<https://www.jetro.go.jp/world/reports/2021/01/862f1a922a2742b1.html> を参照。

¹⁰ プラスチックの消費は過去 30 年間に 4 倍になり、成り行きでは 2060 年には現在の 3 倍になる。

出所：OECD (2022)：Global Plastic Outlook - Policy Scenarios to 2060

3 2030年のプラスチックリサイクルの姿を決める政策と技術

3.1 リサイクル技術とケミカルリサイクルプラントの建設

(1) 日欧米の廃プラの処理状況

図2に日欧米の廃プラの処理方法を示す。日本はエネルギーリカバリーを伴う焼却が非常に多く（62%）、欧州はメカニカルリサイクル（MRと略す）が多く（31%）、米国は埋め立てが非常に多い（76%）のが特徴である。詳細は表12（P.29）を参照。

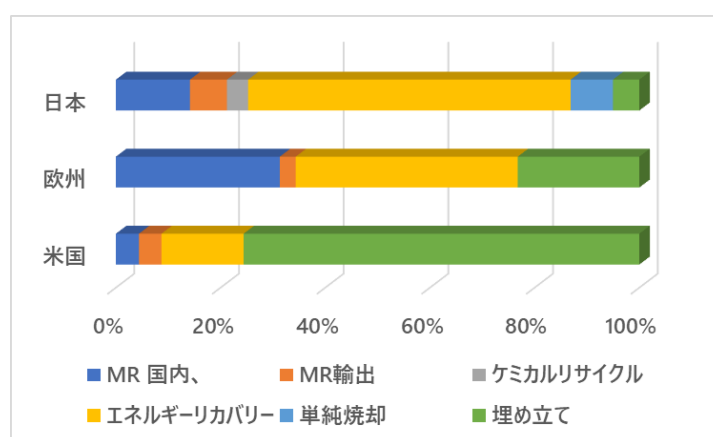


図2 日欧米の廃プラの処理状況

出所：日本はプラスチック循環利用協会、欧州はPlastics Europe、米国はEPAである。

(2) リサイクル技術の概要と現状

リサイクルにはMR、ケミカルリサイクル（CRと略す）、溶媒ベース精製法がある。このうち、枯渇する化石資源の消費を抑え、かつ温室効果ガス（CO₂）の発生を抑えることができるクローズドループタイプのリサイクルが注目されている。すべてのプラスチックのMR（1ステップのクローズドループ）、PETやPSの解重合法CR（2ステップのクローズドループ）、混合廃プラ（PE/PP/PS）の熱分解法CR（3ステップのクローズドループ）、PPやPSの溶媒ベース精製法（1～2ステップのクローズドループ）がこれに当たる。

欧米では従来、リサイクルといえばMRであり、CRは量的にほとんどなかった。現在、MRしにくい廃プラを、CRする動きが活発である。CRプラントの建設が急増している。

次に、汎用プラスチックであるPE、PP、PS、PETのリサイクルの状況を表2に示す。

表2 PE、PP、PS、PET のメカニカルリサイクル、ケミカルリサイクル、溶媒ベース精製法

リサイクルの種類	プラスチックの種類	ステージ	日本	欧州	米国	再生材の品質 (物性、色、臭い、 外観、異物)	代表的な再生製品
メカニカル リサイクル (MR)	PET	実用化が 特に進ん でいる	◎	○	△	バージン並み	1. ボトルtoボトル 2. ボトルtoシート 3. ボトルtoファイバー
	PE、PP、PS	実用化	○	◎	○	バージンより劣ることが 多い(臭いは解決)	水平リサイクル (HDPEボ トルやLDPEシュリンクフィルム) もあるが、ダウンリサイクル (ベンチ、パレットなど) が多 い。
ケミカル リサイクル (CR)	PETやPS (解重合法)	開発・プラ ント建設 中	○	○	○	バージンプラ並みと期 待、実証はこれから	水平リサイクルがねらい 実証はこれから
	PE/PP/PS (熱分解法)		○	◎	○		
溶媒ベース 精製法	PP、PS	プラント建 設中		○	○	バージンプラ並みと期 待、実証はこれから	水平リサイクルがねらい 実証はこれから

表2と表3の出所：各種資料より旭リサーチセンター作成。

さらに、石化バージン品、MR 再生材、熱分解法 CR 再生材、バイオマスプラスチックを、比較評価した(表3)。バイオマスプラスチックは再生可能資源を使い、カーボンニュートラルなのが特徴である。

表3 石化バージン品、MR 再生材、熱分解法 CR 再生材、バイオマスプラスチックの概要

各種プラスチック	プロセス	原料	主要プレーヤ	利点	課題
石化バージン品	既存石油化学	ナフサ	石油化学企業	・品質が優れる	・化石資源の使用 ・CO ₂ の発生
メカニカルリサイクル再生材	メカニカルリサイクル(MR)	廃プラ	リサイクラー	・化石資源の不使用 ・CO ₂ 排出量減 ・LCA的に優れる ・PETボトルなどは水平リサイクル可能	・MRリサイクルしやすいプラスチックの量的不足 ・品質が劣り水平リサイクルが難しい(PETボトルなどを除く)
熱分解法ケミカルリサイクル再生材	ケミカルリサイクル(CR)	廃プラ由来の熱分解ナフサ	石油化学企業	・化石資源の不使用 ・CO ₂ 排出量減 ・バージン並みの品質 ・既存石化設備の利用 ・マスマランス方式の適用	・コスト(設備費、使用エネルギー)が高い
バイオマスプラスチック(第二世代ドロッピンプロダクト)	バイオナフサの製造	植物油→バイオナフサ	石油会社・エネルギー会社	・化石資源の不使用(再生可能資源) ・カーボンニュートラル ・バージン並みの品質、リサイクル可能 ・既存石化設備の利用 ・マスマランス方式の適用	・バイオマスソースが国際的に保護、規制される(自然林の伐採など) ・輸入国はカーボンクレジットの支払い

また、熱分解法 CR 再生材、バイオマスプラスチックは共通して原料にナフサを使用して、既存のナフサクラッキングと重合によりバージン並みの品質の PE や PP などが得られる。熱分解法 CR 再生材の再生材含有量はマスバランス方式で決定される。同様に、バイオマスプラスチックのバイオマス含有量もマスバランス方式で決定される。マスバランス方式は、再生材含量やバイオマス含有量を随意に配分できる非常に有利な方法である（3.4 マスバランス方式：P. 19 参照）。

(3) 混合廃プラ(PE/PP/PS)の熱分解法 CR プラント建設の状況

容器包装プラはPETを除けば、ほとんどがPE、PP、PSである。この混合廃プラ（PE/PP/PS）を選別しない混合状態のまま、熱分解して熱分解油（ナフサなど）を得る方法を混合廃プラ（PE/PP/PS）の熱分解法 CR と呼ぶ。

表 4 に示すように、2022 年末までに発表された熱分解法 CR プラントの総計年間処理能力は 184 万トンで、急激に増加している¹¹。今後、数年間は毎年 100 万トン/年程度のプラント建設の発表があると予想される。また、表 5 に示すように、欧州（BASF、Dow、Sabic など）から建設が始まり、米国（Shell、ExxonMobil、Chevron など）、アジア（三菱ケミカル、出光興産、韓国化学メーカー）に広がっている。世界の石油化学企業（ほとんどが PE、PP のメーカー）25 社が既に熱分解法 CR 事業に参入している。

表 4 年次別混合廃プラ（PE/PP/PS）の熱分解法 CR プラントの年間処理能力

	完成済み	2023～2024年完成 予定	2025年以降完成予定	総計
欧州	10万トン	20万トン	52万トン	82万トン
米国	14万トン	57万トン	15万トン	86万トン
日本	0	2万トン	2万トン	4万トン
韓国	0	0	12万トン	12万トン
総計	24万トン	79万トン	81万トン	184万トン

出所：各社のプレスリリースとウェブサイトから 2022 年 12 月末に旭リサーチセンターが作成。

¹¹ ①Plastics Europe 情報：2030 年までに CR に 72 億ユーロ投資。メーカーは 340 万トン/年を目指している。
<https://plasticseurope.org/media/european-plastics-manufacturers-plan-7-2-billion-euros-of-investment-in-chemical-recycling-2/>

②ACC（米国化学工業協会）はこれまでに発表された CR 投資計画は 80 億ドル以上と発表。

③日本化学工業会 「廃プラスチックのケミカルリサイクルに対する化学産業のあるべき姿」策定（2020 年 12 月 18 日）：2030 年までに CR を 150 万トン/年、出所：<https://www.nikkakyo.org/news/page/8613>

表 5 石油化学企業などによる混合廃プラの熱分解法 CR プラントの建設状況

石油化学企業		熱分解メーカーとの計画発表：()内は熱分解プラント立地		
会社名	石化プラント立地	2018～2020	2021	2022
BASF	ドイツ	Recenso (ドイツ) Quantafuel (ベルギー) →	Quantafuel (ベルギー) 供給中	ARCUS Greencycling Technologies (ドイツ)
Dow	オランダ、ドイツ	Fuenix Ecogy (オランダ、提携) →	Mura Technology (イギリス) Fuenix Ecogy (オランダ) 供給中	Mura Technology (ドイツ) Valoregen (フランス)
LyondellBasell	ドイツ	KITと提携・自社開発 →	イタリア・パイロット始動 (MoRe Tec) →	MoRe Tec商業プラント (ドイツ)
Sabir	オランダ	Plastic Energy (提携) →	Plastic Energyと合弁 (オランダ)	
Ineos	ドイツ		Plastic Energy (ドイツ・ケルン)	Plastic Energy (ドイツ・ケルン)
Borealis	スウェーデン		Renasci NV (オランダ)	
OMV	オーストリア	自社技術 (パイロット) →	OMV：デモプラント運転中、プラント計画	
Neste	フィンランド		Alterra Energy (オランダ)	Alterra Energyより欧州のライセンス権取得
Versalis	イタリア	S.R.S*と共同開発 →	(*S.R.Sはエンジニアリングメーカー) →	S.R.Sと共同開発のプラント
Shell	オランダ		BluAlp (オランダ)	
Total (TotalEnergy)	フランス	Plastic Energy (フランス)		Plastic Energy (スペイン) Honeywell (スペイン) Indaver (アントワープ)
ExxonMobil	欧州		Plastic Energy (フランス)	
Total	米国		Plastic Energy (テキサス)	
ExxonMobil	米国		自社技術 (テキサス)	
Shell	米国	Nexus Fuels (提携) →	供給中 →	→
Chevron Phillips Chemical	米国	自社技術	Nexus CircularとMura Technologyに出資、New Hope Energy (供給契約)	
ExxonMobil・LyondellBasell	米国			Cyclx International (テキサス)
Dow	米国			New Hope Energy (テキサス) Nexus Circular (テキサス)
Braskem	米国			Nexus Circular (シカゴ)
三菱ケミカル	日本		Mura-KBRよりライセンス (鹿島)	
出光興産	日本		(株) 環境エネルギー (千葉)	
LG Chemical	韓国			Mura-KBRよりライセンス (韓国)
Lotte	韓国			Hyundai Oil Bank (韓国)
GS Caltex	韓国			Mura-KBRよりライセンス (韓国)
SK Geo Centric	韓国			Plastic Energyと合弁 (韓国・蔚山)

出所：各社のプレスリリースとウェブサイトから 2022 年 12 月末に旭リサーチセンターが作成。

(4)PET(ペットボトルなど)のリサイクルと CR プラント建設の状況

①PET ボトルの MR：日本の 2021 年における PET ボトルの販売量は 58.1 万トンで、そのうち PET ボトル用に再生材が 11.8 万トン使用され、ボトル to ボトルのリサイクルの割合（再生材含有量）は 20.3%である。2020 年の 15.7%から 4.6 ポイント急上昇した。またボトルのリサイクル率は 86.0%と世界的に高い水準である（ボトル使用量 58.1 万トンで再資

源化量 49.9 万トン（国内 37.7 万トン、海外 12.2 万トン）。2021 年の欧州の PET ボトルのリサイクル率は 42.7%、2020 年の米国の PET ボトルのリサイクル率は 18%である¹²。

②PET ボトルの CR：PET を化学的に解重合してモノマー（例えば、DMT と MEG）を回収し、これを再重合して PET をつくる方法で、収率のよいリサイクル法である。表 7 の各社のプレスリリースを集約すると、2027 年には世界で処理能力約 41 万トン/年の CR プラントが稼働することになる（表 6）。

表 6 年次別 PET ケミカルリサイクルプラントの総計年間処理能力

	完成済み	2022～24年 完成予定	2025～27年 完成予定	総計
欧州	1万トン		28万トン	29万トン
米国		10万トン		10万トン
日本	2万トン			2万トン
総計	3万トン	10万トン	28万トン	41万トン

表 6 と表 7 の出所：各社プレスリリースとウェブサイトより、2022 年 12 月末に旭リサーチセンター作成。

表 7 PET ボトルのケミカルリサイクル(技術開発と実用化)

	JEPLAN	Loop Industries	loniqa	gr3n	Carbios	Eastman Chemical
会社規模	スタートアップ	スタートアップ	スタートアップ	スタートアップ	スタートアップ	PETの大手メーカー
所在地	日本	カナダ	オランダ	スイス	フランス	米国
プロセス	MEG分解法	メタノール・アルカリ分解法	MEG分解法	アルカリ加水分解	発酵法（酵素）	メタノール分解法
生産設備 年間能力	・工業化：2004年、2万トン ・休止中であったが本格再稼働（2021年11月）	・SUEZ/SK Geo Centric と提携してフランス（Saint-Avoid）でプラント建設計画：7万トン、2023年着工、2027年試運転開始、設備投資4.5億ユーロ（2023年2月発表）	・1万トン（2019年） ・Kochがスケールアップのため3千万ユーロ投資（2022年9月発表）	・EU Horizon2020 支援のDEMETOプロジェクト ・Next Chem 1,000 トンプラント完成（2022年4月発表）	・デモプラント稼働中 ・Indoramaと5万トン計画：フランスのIndoramaのプラントサイト、2025年稼働（2022年2月発表）	・米国に10万トンプラント建設（2022年末稼働） ・フランス（ノルマンディ）に16万トンプラント計画：10億ドル投資、2025年稼働（2022年1月発表）

Eastman Chemical（自社技術）、Indorama Ventures（Carbios 技術）、SUEZ/SK Geo Centric（Loop Industries 技術）による大規模プラントが、欧米で建設される（表 7）。

¹² 年次報告書 2022：PET ボトルリサイクル推進協議会資料 <https://www.petbottle-rec.gr.jp/nenji/new.pdf>

3.2 リサイクル関係の規制と税制

(1)EU のリサイクル関係の規制と税制

EU では容器包装プラを中心に、廃プラ処理やリサイクルについて各種の規制や税制が発表され、一部は実施されている。重要なものを以下にリストアップした。

- ①埋め立て規制（2018年発表）：2035年までに廃プラの10%以下にする。
- ②容器包装廃プラスチック（容器包装廃プラと略す）のリサイクル率目標（2019年発表）：
2025年までに50%にし、2030年までに55%とする。
- ③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（2019年発表）：綿棒の芯、カトラリー、皿、ストロー、マドラーなど¹³。
- ④プラスチック（PET、PE、PPなど）ボトルの規制（2019年発表）：プラスチックボトルの回収率は2025年77%以上かつ2029年90%以上とし、また再生材含有率はPETボトルでは2025年25%以上、プラスチックボトル（PET、HDPE、PPなど）は2030年30%以上となっている。
- ⑤EUのプラスチック税¹⁴：2021年1月からは、EU域内においてリサイクルできない容器包装廃プラに対し1kg当たり0.8ユーロ（118円/kg、1ユーロ=147円で換算）を課税する「プラスチック税」が導入された。

その他、イギリスは「プラスチック容器包装税」を実施している¹⁵。

(2)米国と日本のリサイクル関係の規制

米国のEPA（環境保護庁）は2020年11月17日に、2030年までに金属、ガラス、紙、プラスチックなどの材料廃棄物全体のリサイクル率を50%にする目標を発表した¹⁶。プラスチックについての規制は不明である。

¹³ それ以前に、包装用プラスチックチックバッグの使用制限がある。

¹⁴ <https://plastic-circulation.env.go.jp/wp-content/themes/plastic/assets/pdf/platyousar3.pdf>
89頁参照。再生材はバージンプラスチックに比べ約110円有利になることを意味するので、筆者は再生材の需要を高める効果があると見ている。

¹⁵ イギリス政府は3月3日、2022年4月から「プラスチック容器包装税」を導入することを発表した。再生材含有率30%以上の包装や、包装の大部分をプラスチック以外の素材が占めるものについては課税対象外となる。課税額は包装1トン当たり200ポンド（33円/kg、1ポンド=166円で計算）。
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/03/3a2ef10f24c426d8.html>

¹⁶ <https://www.epa.gov/recyclingstrategy/us-national-recycling-goal>

日本政府は、2019年5月に3R+Renewable（再生可能資源への代替）を基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」を発表した¹⁷。

(3) 欧米のプラスチック業界団体による提案

Plastics Europe は 2021 年 9 月 21 日に、2030 年までに容器包装プラの再生材含有量を 30% にすることを義務づけることを提案した¹⁸。また、ほとんど同時期の 2021 年 7 月 13 日に米国の ACC（米国化学工業協議会）は、2030 年までにすべての容器包装プラに少なくとも 30% の再生プラスチックを含めるという国家基準とケミカルリサイクルの急速な拡大を可能にする適切な規制システムの開発などの 5 つの戦略を議会に提案した¹⁹。

このような状況から、ブランドオーナー（Unilever や P&G など）は自社のリサイクル目標（例：2030 年に再生材含有率として～30%）を掲げており、それに必要な再生材の供給を化学メーカーやリサイクラーに要請している。

3.3 バイオマスプラスチック

バイオマスプラスチックはリサイクルと同様に、化石資源枯渇と地球温暖化の対策に有効である。日本のプラスチックのサステナビリティにとって救世主となるだろうか。日本では、「プラスチック資源循環戦略」で 3R に Renewable が加えられ、2030 年までにバイオマスプラスチックを年間に約 200 万トン導入することが盛り込まれた。

仮に、バイオナフサが石油系ナフサと同じような数量と価格で、石油会社から入手可能であれば石油化学企業にとってはこんな有り難いことはない。新規設備投資なしに既存設備を使って従来品と同じプラスチックを製造できるからである（表 3 参照）。

¹⁷ <https://www.env.go.jp/press/106866.html>

<リデュース>①2030 年までにワンウェイプラスチックを累積 25% 排出抑制

<リユース・リサイクル>②2025 年までにリユース・リサイクル可能なデザインに、③2030 年までに容器包装の 6 割をリユース・リサイクル、④2035 年までに使用済みプラスチックを 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>⑤2030 年までに再生利用を倍増、⑥2030 年までにバイオマスプラスチックを約 200 万トン導入（注）数字は目標で、強制力を伴わないと理解している。

¹⁸ European plastics producers support the European Commission's proposal for a mandatory EU recycled content target for plastics packaging, and are today calling for a target of 30% for plastics packaging by 2030. <https://plasticseurope.org/media/european-plastics-producers-call-for-a-mandatory-eu-recycled-content-target-for-plastics-packaging-of-30-by-2030-3/>

¹⁹ <https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/news-trends/press-release/2021/plastic-makers-outline-5-actions-congress-can-take-to-advance-circular-economy-end-plastic-waste>

ここで取り上げるバイオマスプラスチックは、生産量が多い汎用樹脂（PE、PP、PS、PET、PVC）のバイオマス・ドロップインプロダクトである²⁰。

(1) 第一世代バイオマス・ドロップインプロダクト

2011 年以來、Braskem（ブラジル）は砂糖キビからつくられたバイオエタノールを原料にバイオエチレン経由でバイオ PE を製造している²¹。これはバイオマス含有量 100%の製品で、バイオマス含有量は C14（炭素 14）の元素分析で確認できる。認定機関により認定される。

このバイオ PE は、製法は異なるが、基本的に石化系の PE と同等の性能を有するいわゆるドロップインプロダクトである。筆者はこれを第一世代のバイオマス・ドロップインプロダクトと命名した（製品を分析すればバイオマス含量がわかる）。

(2) 第二世代バイオマス・ドロップインプロダクト

Neste（フィンランドのバイオ燃料・エネルギー会社）は**廃植物油**を水素化分解して製造した HVO（水素化植物油：バイオディーゼル）を Renewable Diesel の名称で販売する世界のトップメーカーである。2019 年頃より Neste は石油化学企業の LyondellBasell、Borealis、Covestro、LG Chemical、三井化学、旭化成などと提携し、Renewable Diesel やバイオナフサを供給することを発表している。

また、UPM（フィンランド）は**木材廃棄物**のトール油からバイオナフサの製造に成功し、2015 年以來製造している。同社は石油化学企業の Ineos、Dow、Sabic などと提携し、バイオナフサを供給することを発表している。

これらバイオナフサ（バイオディーゼル）を原料に既存のナフサクラッカーや重合設備を使って、バイオ PE、バイオ PP、バイオ PVC、バイオ PC がつくられるようになった。

通常、バイオナフサと石油系ナフサの混合物を原料にするので、マスバランス方式に基づいてバイオ含有量を特定プラスチックに配分する。したがって、これらバイオマスプラスチックのバイオマス含有量は、製品の C14 の分析をしても対応しない。また、この方法によってつくられたバイオマスプラスチックも基本的に石化系のプラスチックと同等の性能を

²⁰ 生分解性プラスチックや高付加価値のバイオマス由来のエンジニアリングプラスチック（ナイロン 12 や特殊ポリカーボネートなど）は量が少ないので対象としなかった。

²¹ 商標は Green polyethylene。ブラジルに 20 万トン/年の製造工場を持ち、またタイに工場新設の計画がある。リアルなバイオ PE で、バイオマス含有量は 100%である。

有するので、筆者はこれを第二世代バイオマス・ドロップインプロダクトと命名した（製品のバイオマス含有量はマスバランス方式によって決定）。

(3) バイオマス・ドロップインプロダクトの課題

バイオマス・ドロップインプロダクトは再生可能資源使用でカーボンニュートラルということでイメージが高く、消費者、ブランドメーカー、メディアに評判がよい。

半面、バイオマス・ドロップインプロダクトは、①原料（トウモロコシ、砂糖キビ、菜種油、パーム油など）が食料と競合する。②過去に、インドネシアでパーム油増産による自然林伐採による自然環境破壊問題が生じており、原料ソースの拡大が制約される。廃植物油のトップメーカーの Nestle は廃植物油の拡大とともに、原料ソースの多様化・拡大のために廃プラの熱分解による熱分解油の製造を計画している（目標は 100 万トン/年規模）。③バイオ燃料とバイオマスプラスチックの原料ソースは共通で、取り合いになる。現在は、供給不足でバイオナフサは高騰している。④バイオマス・ドロップインプロダクトは既存の石化製品に比べ価格が高い。⑤カーボンニュートラルというが、日本のように海外からバイオマスの原料やバイオマスプラスチックを輸入し、使用后最終的に焼却すると、国内ベースでは単に CO₂ を発生することになる。輸入国の日本はカーボンクレジットを何らかの形でバイオマス生産国や生産企業に支払わなければならないのではないだろうか。

(4) バイオマスプラスチックとバイオ燃料に関する法規

欧米日のいずれにおいても、プラスチックの原料にバイオマスを特定比率使用することを義務づける規則や、プラスチック中のバイオマス含有量を義務づける規則はない。

日本では「プラスチック資源循環戦略」で 2030 年までにバイオマスプラスチックを年間に約 200 万トン導入することが盛り込まれたが、これには義務は伴わない。

また、プラスチックボトルについては 2030 年に再生材含有量 30% の EU の規制があるが、再生材の一部またはすべてをバイオマス含有量に置き換えてもよいという条項もない²²。

²² 化学企業や飲料メーカーによるバイオマス・ドロップインプロダクト（第一世代のバイオ PE、バイオ PET30 や第二世代のマスバランス方式によるバイオ PE、バイオ PP）の活発な事業化計画を見ると、再生材の一部またはすべてをバイオマス含量に置き換えてもよいという条項が追加されるかもしれない。

一方、現在、燃料には各種のバイオ燃料の使用義務がある。欧州には第二次再生可能エネルギー指令（RED II）や審議中の RED III などがある。米国には再生可能燃料基準 2（RFS2）などがある。

(5) バイオ燃料の世界的状況

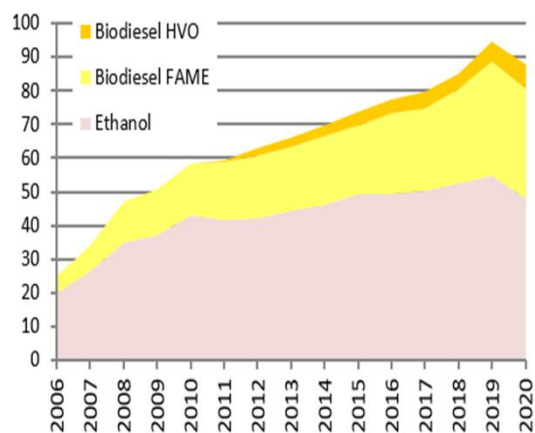
各国のバイオ燃料の導入実績を表 8 に、世界の道路輸送用バイオエタノール、FAME、HVO の生産量推移を図 3 に示す。ガソリン用のバイオ燃料はバイオエタノールで、米国とブラジルでの生産・使用が多い。軽油（ディーゼル）用のバイオ燃料は植物油由来の FAME（脂肪酸メチルエステル）や HVO（水素化植物油）で、欧州や米国での生産・使用が多い。日本はバイオ燃料をほとんど使用しておらず、バイオ燃料後進国である。日本はバイオ燃料の原料となる農産物を持っておらず、すべて何らかの形で輸入に頼らざるを得ないことが大きな理由であろう。バイオマスプラスチック 200 万トン導入計画とは対照的である。

表 8 各国のバイオ燃料の導入実績

	油種	バイオ燃料の導入実績		
		消費量	バイオ燃料の導入実績	バイオ燃料の導入比率
日本	ガソリン	5,130万kL	83万kL	約1.6%
	軽油	2,544万kL	-	-
欧州	ガソリン	10,121万kL	517万kL	約5.1%
	軽油	31,769万kL	1,556万kL	約4.9%
米国	ガソリン	54,215万kL	5,434万kL	約10.0%
	軽油	22,561万kL	789万kL	約3.5%
ブラジル	ガソリン	5,851万kL	2,710万kL	約46.3%
	軽油	5,756万kL	396万kL	約6.9%

出所：資源エネルギー庁（2019年6月発表資料）。

図 3 道路輸送用バイオエタノール、FAME、HVO の生産量推移



出所：IFPEN, from FO Licht, Biofuels Dashboard 2021
<https://www.ifpenergiesnouvelles.com/article/biofuels-dashboard-2021>

バイオエタノールは米国ではトウモロコシ、ブラジルでは砂糖キビといずれも可食性の植物を原料につくられている。非可食性のセルロースからバイオアルコールを製造することは大きな夢である。米国、欧州、日本において各国政府の強い支援の下で開発が行われたが、米国有力企業の DuPont や Poet-DSM を含めほとんど撤退した。ただ、2022年2月にイタリア

の Versalis (Eni グループ) が Proesa®技術を使用、リグノセルロースよりバイオエタノール (生産能力: 2.5 万トン/年) の製造を再開した²³。生産継続と発展が期待される。

長期的に見ると、自動車は EV など燃料を使用しない車が増え、燃料の需要が縮小し、それに比例してバイオ燃料の需要が減少するという見方もあるがわからない。将来は、燃料中のバイオ燃料比率を上げなければならないからである。

一方、航空機は自動車のような EV 化が技術的に難しく、バイオ燃料に頼らざるを得ないので、SAF (持続可能航空機燃料) の確保が最優先になる。

(6) バイオ燃料とバイオマスプラスチックの原料ソースの情勢

欧州は、以前は域内で取れる菜種油などを中心にバイオディーゼルの生産を拡大してきたが、それには限界があり、インドネシアのパーム油などの輸入品を増加させた。その際にインドネシアで天然林の大規模伐採が行われ、種々の環境問題が発生した。それ以降、バイオ燃料の新規な増産 (パーム油など) には、国際社会は慎重である。

2022 年 12 月に発表された欧州委員会の「バイオベース、生分解性プラスチック、コンポストプラスチックの政策枠組み」²⁴によれば、①バイオマスはプラスチックを含む材料に使用することが、燃料に使用するよりも優先度が高いが、プラスチックとしてはシングルユースプラスチックではなく寿命の長いプラスチックにすべきである。②バイオ燃料に使用される原料については、バイオマス廃棄物や使用済みの植物油が望ましく、食料用途と競合する大豆などの使用が制限される可能性がある。③また、バイオ燃料のバイオマスソースの拡大には環境保全の観点から具体的制約要件が RED II に列記されている。バイオマスプラスチックのバイオマスソースについても同様の制約が課せられるであろう。

以上の結論として、バイオ燃料には使用義務 (規則) があり、かつこれまでに大量に使用されてきた実績があること、またプラスチックにはリサイクルという別の手段があることから、バイオマスソースは優先的にバイオ燃料に回されると考えられる。したがって、将来のバイオマスプラスチック用のバイオマスソースの供給は不安定で、不透明である。

²³ <https://www.eni.com/en-IT/media/press-release/2022/02/versalis-the-production-of-bioethanol-up-and-running-at-crescentino.html>

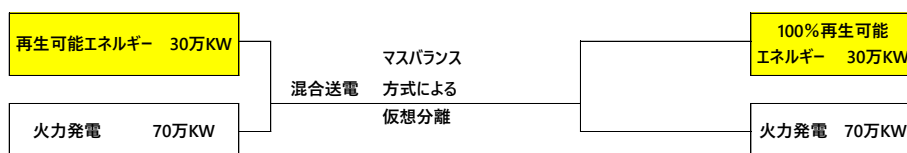
²⁴ <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/12/aace7c4bc5a48176.html>
https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-12/COM_2022_682_1_EN_ACT_part1_v4.pdf

3.4 マスバランス方式

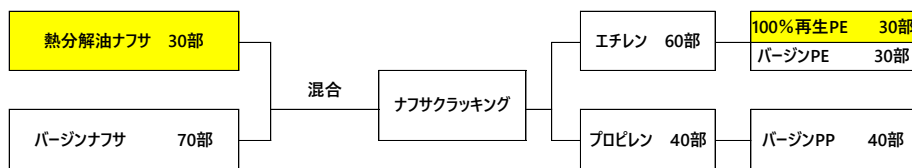
マスバランス方式は、BASF とエレン・マッカーサー財団が提案したものである²⁵。BASF は 2018 年 12 月に熱分解法 CR を始めた時に世界にマスバランス方式を提案し、世界標準化を目指している。バイオマス・ドロップインプロダクトにもマスバランス方式が適用される。

例えば、図 4 のように、再生ナフサ（バイオナフサ）とバージンナフサを混合して使用してナフサクラッキングした場合、投入した再生ナフサ量（バイオマスナフサ）と誘導品の再生材量（バイオマスプラスチック）のバランスをとっている限り、どの誘導品にどんな割合でも配分できるという方法である。

① 再生可能エネルギー発電（太陽光、風力など）のマスバランス方式



② 熱分解法ケミカルリサイクルによる再生材のマスバランス方式（BASF提案）



③ バイオマス由来ナフサによるバイオマスプラスチックのマスバランス方式（BASF提案）

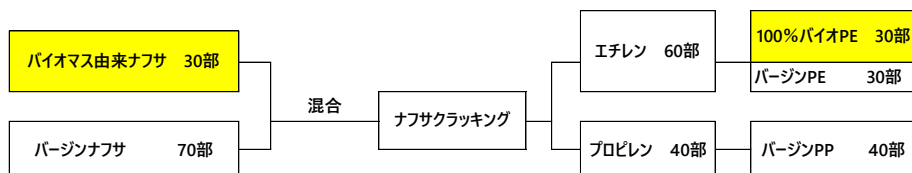


図 4 熱分解法ケミカルリサイクル再生材とバイオマス・ドロップインプロダクトのマスバランス方式

注：再生可能エネルギー発電のマスバランス方式は参考。

出所：各種資料より旭リサーチセンターが作成。

再生材の含有量は技術的に測定できないこと、またプライム価格でも再生材を求めるブランドメーカーが存在することから、CR を推進するための有力な便法であると考えられる。

²⁵ Driving circular economy with the mass balance approach (2019 年 5 月 10 日)
<https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/whats-new/sustainability-news/2019/EllenMacArthurfoundation-White-Paper-Mass-balance.html>

半面、現状ではマスバランス方式は、自由度が広すぎるため²⁶、生産者の都合のよい方式になる恐れがある。例えば、ナフサクラッキングでは併産品があり、その中にはエチレン、プロピレンのような付加価値の高いものから、燃料にしか使えないガス（メタンなど）まであるが、マスバランス方式ではエチレン、プロピレンにのみを再生材に配分することができる。今後、ISO でマスバランス方式の適切な定義が必要になるであろう。

また、CR が MR に対して非常に有利となる可能性がある。米国の ACC と欧州の Plastics Europe は、2030 年に容器包装プラ中の再生材含量を 30%にすることを提案しているが（P. 14）、これにはCR のマスバランス方式を利用することが前提になっている。CR では、マスバランス方式で容易に再生材を容器包装材料用途に指定することができる（図 5）。

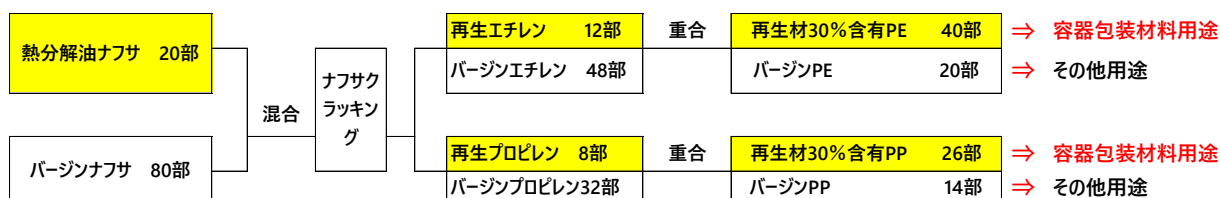


図 5 マスバランス方式により再生材 30%の PE・PP を容器包装用途に指定するルート

出所：旭リサーチセンター作成。

一方、MR の場合は再生材の用途をバーチャルに変えることはできない。例えば、日本はポリオレフィン再生材をパレット用途に使用しているが、それを容器包装用に変更するためには大変な努力が必要となる。MR もマスバランス方式のように、容器包装廃プラを原料にしてつくられた MR 再生材は、容器包装用途以外に使用された場合も容器包装用途に使用したとみなすことができるような制度が必要と考えられる。そうでないと LCA 的に優れている MR が不利になり、MR が減って CR が増えることになりかねない。

3.5 ライフサイクルアセスメント（LCA）

LCA は、製品に必要な原料の採取から、製品が使用され、廃棄されるまでのすべての工程での環境負荷を定量的に評価するものである。

²⁶ 現在いわれているマスバランス方式を解析すると 3 次元的自由度があることがわかる。①すべての誘導品に配分可能：原料から第一次の誘導品、それから誘導された第二、第三次の誘導品、さらに第 n 次の誘導品すべてに適応配分可能、かつ併産品がある場合はそのどの製品（単独または複数）にも配分可能。②再生材含有量は自由に設定できる（濃縮も希釈も自由：最少量～100%）③一定期間内の特定期間に製造された再生材（バイオ）含有量を一定期間内に製造されたすべての製品に配分が可能。

LCA は当然ながら設定条件や設定範囲によって、結果は変わってくる。各所から LCA データが発表されているが、筆者は専門家でないので結果の妥当性を判断することは難しい。

一例として、表9にPlastic Energy（混合廃プラの熱分解技術を持つ会社）が発表したLCIAのデータを紹介する。表9のTable 1は、廃プラの処理方法として、ケミカルリサイクルされたLDPE、焼却、埋め立てを比較したものである。なお、Table 1の化石資源の使用の数字は、マイナスが大きいほど使用が少ないことを意味する。

Table 2では、LCA的に、メカニカルリサイクルされたLDPEが優れ、次がケミカルリサイクルされたLDPEで、バージンのLDPEが劣ることがわかる。

表9 LCIA(ライフサイクルインパクトアセスメント)データ

Table 1 Waste perspective approach – LCIA results for 1kg of treated plastic waste

指標(単位)	Waste perspective approach		
	ケミカルリサイクルされたLDPE	エネルギーリカバリーを行う焼却	埋め立て
気候変動 (kgCO ₂ -eq)	0.55	1.6	0.15
化石資源の使用 (MJ) (Resources use,fossil)	-31.1	-26.54	0.36

Table 2 Product perspective approach – LCIA results for 1kg of LDPE produced

指標(単位)	ケミカルリサイクルされたLDPE	バージン（化石燃料由来）LDPE	メカニカルリサイクルされたLDPE
気候変動 (kgCO ₂ -eq)	0.86	1.9	-0.45
資源の消費 (MJ) (Resources Depletion)	39.54	80.08	22.14

出所：<https://plasticenergy.com/wp-content/uploads/2020/10/Plastic-Energy-LCA-Executive-Summary.pdf>

日本の海洋プラスチック問題対応協議会は、産業系廃プラのMR、CR、エネルギーリカバリーのLCA評価を2022年12月に発表した。また、欧州委員会の研究機関（JRC）は、LCAなどの解析より混合廃プラのCRをエネルギーリカバリーより推奨する報告書を2023年2月20日発表した²⁷。

エネルギーリカバリーがリサイクルの定義に入るかどうかの議論（P.23）の中で、LCAは重要な役割を果たすであろう。

²⁷ <https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/03/c578f93c4fa3e6cc.html>

3.6 リサイクル技術のイノベーション

(1) 廃プラの収集、選別システムのイノベーション

欧州において混合廃プラ収集物のリサイクル率は 5%と低いのに対して、分別廃プラ収集物のリサイクル率が 65%と非常に高いことが判明し、分別収集の重要性が再認識された（参考文献(5)）。市民、企業などの分別収集に対する積極的な協力を増進するシステムが期待される。

米国では Mackinsey が、回収率の低い軟質フィルム類の回収率アップのための Secondary sorting center を 2022 年 12 月に提案した。ACC が賛同している (P. 32)。

(2) MR 技術のイノベーション

最近開発中の選別技術（AI や DX 利用の選別機、ロボティクス、電子透かし技術など）は、選別工程の無人化や選別精度の向上を実現して、MR の発展に大きく貢献すると期待されている。

特に、電子透かし技術による食品用プラと非食品プラの選別が注目される。従来、MR 再生材を食品用途に使用するためには、食品用途に使用された廃プラを発生現場で分別収集した場合にのみ FDA（米国食品医薬品局）の認可が得られやすかった。電子透かし技術ができれば、混合廃プラ原料から食品用プラを選別してリサイクルすることが可能になり、FDA 認可が得られるようになると期待されている。

(3) CR 技術のイノベーション

混合廃プラの熱分解技術は、世界中で研究開発されているので今後各段に改良されていくであろう。その中で、単なる熱分解でない Mura（イギリス）の超臨界水熱分解技術がダークホース的存在で注目される。

将来的には、熱分解法で触媒を使って一段でオレフィンやアロマ（BTX）をつくる革新的技術が期待される。エネルギー多消費型のナフサクラッキングのステップを省略できるのでメリットが多い。数社が取り組んでいるが、いずれも研究開発段階で実用化には大きなブレークスルーが必要である。

4 2030 年の「世界標準」と必要な日本の対応

まず、EU のプラスチック規制（廃プラの埋め立て比率とリサイクル率、ボトル規制（回収率と再生材含有量）」と「Plastics Europe と ACC の規制案（2030 年に容器包装プラの再生材含有量を 30%とする）」の両方が、2030 年に「世界標準」になると仮定した。そして、2030 年に「世界標準」が日本に適用された場合に発生する問題をリストアップして、その対策を考えた。最後に、「世界標準」をクリアするための 2030 年のプラスチックリサイクル（廃プラ処理方法）の姿を描いてみた。

4.1 2030 年に発生する問題と対策

(1)EU と日本の定義の違い

①日本のサーマルリサイクルは、欧州ではリサイクルに含めない。

日本はエネルギー回収をする焼却はサーマルリサイクルと呼んで、リサイクルに含めている。一方、EU はこれをエネルギーリカバリーと呼んで、リサイクルに含めないので大きな問題が生じる。2021 年の日本の廃プラ全体のリサイクル率は 86%であるが、EU 基準（「世界標準」）では 25%に急落することになる（表 11）²⁸。

②鉄鋼関係の CR は EU のリサイクルの定義に含まれるか。

サーマルリサイクルと同様に、日本の鉄鋼関係の CR も、「世界標準」で判断される可能性がある（EU では、鉄鋼関係の CR は実施されていない模様である）。

鉄鋼関係の CR の一つである高炉原料化法は、コークスとともに廃プラを高炉に入れて鉄鉱石の還元剤として使用するものである。高炉内で、廃プラは CO₂ と H₂O になるので、実質的に廃プラの燃焼である。一方、コークス炉原料化法では、オイル 40%、コークス 20%、ガス 40%が得られる。このうちのオイルを芳香族化合物の製造に使用すれば、その分はリサイクルにカウントされるだろう。

²⁸ 1990 年代の埋め立て地不足によるごみ戦争と焼却時にポリ塩化ビニルから発生するダイオキシン問題の解決法として、救世主のように出現したのが高性能焼却炉である。ポリ塩化ビニルを焼却しても高温焼却とこれに続く急冷によりダイオキシンが発生せず、発生塩化水素による焼却炉の損傷もないという優れたものであった。全国に、高額の高性能焼却炉が多数設置され、規格に合わない既存の焼却炉は廃棄された。これにより、サーマルリサイクル中心のリサイクル体制が確立し、これまでは成功物語であった。しかし、「世界標準」になるとそれが根本から覆ることになる。リサイクル先進国であったものが、後進国に落ちてしまうのである。

(2) 2030年に容器包装廃プラのリサイクル率を55%にする規制をクリアできない

日本の容器包装廃プラのリサイクル率の統計数字が見当たらないが、2030年のリサイクル率55%をクリアできないのは間違いない。

(3) 2030年のボトル規制(ボトル回収率、再生材含有量30%)をPETボトルはクリアできるが、ポリオレフィン(PE・PP)ボトルはクリアできない

①日本のPETボトルリサイクルは進んでおり、またボトル to ボトルの新工場の建設が次のように続いているので、2021年の再生材含有率20%を2030年に30%にすることは可能であろう。

協栄 J&T 環境 (株) は西日本 PET ボトル MR センター (津市、処理能力 6 万トン/年、ボトル to ボトル工場) を 2022 年 4 月に商業運転を開始した。(株) サーキュラーペット (ヴェオリア・ジャパン、三井物産およびセブン&アイ・ホールディングスの合弁会社) は津山市に PET ボトルリサイクル工場 (PET 再生材製造能力: 約 2.5 万トン/年) を建設中で、2023 年度中の稼働を予定している。遠東石塚グリーンペット (株) は姫路工場に PET ボトルリサイクル工場を建設する予定である。

②現状では、日本はポリオレフィンボトルの規制をクリアするのは難しい。

欧米では硬質のポリオレフィンボトルの回収と MR が進んでいる。再生材を使ったボトルや再生材 100%の HDPE ボトルも既に生産されている (参考文献(5))。

一方、日本では、牛乳やジュースなど飲料用ボトルに HDPE ボトルは使われていないので欧米に比べて市場が小さい。そのこともあってボトルの MR 体制が遅れている。

結論としては、ボトルの再生材含有量規制をクリアするためには、容器包装用の MR 再生材の供給体制確立と市場開拓が優先であるが、不足分は熱分解法 CR (マスバランス方式の利用) を導入して補う必要がある。

参考 1: 欧米では、HDPE や PP のボトルはパーソナルケア製品 (洗剤、シャンプー、漂白剤など) だけでなく、水やジュースなどの飲料や牛乳などの容器に多量に使用され

ている²⁹。硬質ボトルは形状的に MR しやすい。米国で MR されているものの大部分は PET ボトルと HDPE 容器（ボトルなど）である。欧州でも、PET ボトルと HDPE 容器の MR が多い。

参考 2：日本では、日用品の容器の資源循環を目指す「みんなでボトルリサイクルプロジェクト」が、ユニリーバ・ジャパン、花王、P&G ジャパン、ライオンの 4 社共同での実証事業として選定され、活動を開始している。ヴェオリア・ジャパンがリサイクラーとして参画している³⁰。ポリオレフィンボトルが対象になっている。

参考 3：福岡大学の八尾滋教授がリーダーの NEDO プロジェクト「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」で HDPE の再生ボトルを開発中である³¹。

(4)Plastics Europe と ACC の規制案(2030 年に容器包装プラの再生材含有量を 30%とする)をクリアできない

日本の 2030 年の容器包装プラは 2021 年と同じ 413 万トンで再生材含有量を 30%とする、再生材が 124 万トン必要となる（P. 26）。なお、欧州の容器包装廃プラは 2019 年に 1,780 万トン（表 13）、米国の容器包装プラは 2020 年に 1,690 万トンで、2030 年に 2,020 万トンになる予測である³²。

日本で容器包装用に使用されている MR 再生材は、PET ボトル再生材と PS シート再生材くらいで、ポリオレフィン再生材はほとんど使われていない。そのため、上記規制案はとてもクリアできない。上記規制案をクリアするためには、ポリオレフィン MR 再生材の容器包装用途の開発とマスバランス方式を使った熱分解法 CR の導入の両方が必要である。

²⁹ ICIS の調査によれば、米国の容器包装プラの 2020 年市場は 1,690 万トンで、内訳は、①Rigid plastic non-food/pharma packaging containers 270 万トン、②Food/pharma rigid packaging and containers 680 万トン、③Plastic carryout bags, non-food contact packaging 488 万トン、④Food/pharma plastic film and flexible packaging 252 万トンである。②の食品/医療用途のボトル市場が大きいのが注目される。
<https://www.icis.com/explore/resources/news/2021/07/13/10662726/acc-calls-for-30-recycled-plastic-by-2030-scaling-of-chemical-recycling/>

³⁰ <https://www.veolia.jp/ja/newsroom/news-20211213>

³¹ ①<https://www.fukuoka-u.ac.jp/fukudaism/coalition/20/08/15947.html>

②府川伊三郎、井出陽一郎 高分子 70 巻 1 月号 16 頁 (2021 年)

³² ICIS の 2021 年の調査報告書によれば、米国における容器包装プラの需要は、2020 年 1,690 万トン、2025 年 1,880 万トン、2030 年 2,020 万トンである。2030 年に容器包装プラの再生材含有量を 30%にするためには、リサイクルにより 606 万トンの再生材をつくる必要がある。

<https://www.icis.com/explore/resources/news/2021/07/13/10662726/acc-calls-for-30-recycled-plastic-by-2030-scaling-of-chemical-recycling/>

<https://www.icis.com/explore/resources/news/2021/07/06/10660235/insight-how-the-us-can-achieve-high-plastic-recycling-rates/>

4.2 2030年の日本のプラスチックリサイクルの姿

(1) 容器包装廃プラのリサイクル率の設定

容器包装廃プラのリサイクル率についての統計数字がないので、筆者が大雑把に 2021 年と 2030 年の状況を次のように設定した。結果を表 10 に示す。

まず、公表資料から 2021 年における日本の廃プラの約 50%は容器包装プラであり、また廃プラ全体のリサイクル率 (MR&CR) は 25%である (参考文献(7))。この 25%を、容器包装廃プラのリサイクル率 35%とその他の廃プラのリサイクル率 15%に案分した。次に、2030 年の容器包装廃プラのリサイクル率を規制値の 55%とし、その他用途の廃プラのリサイクル率は 15%で変わらないとした。これから、2030 年の全体のリサイクル量は 290 万トン、リサイクル率は 35%になる (表 10)。

表 10 廃プラの発生量とリサイクル量・リサイクル率(2021年と2030年)

2021年	発生量		リサイクル (MR+CR)量		⇒	2030年	発生量		リサイクル (MR+CR)量	
	廃プラの種類	万トン	比率 (%)	万トン			リサイクル率 (%)	廃プラの種類	万トン	比率 (%)
容器包装	413	50	145	35%		容器包装	413	50	227	55%
その他	413	50	62	15%		その他	413	50	62	15%
合計	825	100	207	25%		合計	825	100	290	35%

出所：旭リサーチセンターが各種資料より推定して作成。

(2) 2030年に容器包装プラの再生材含有量を30%とするための必要条件

2030年の容器包装プラ(413万トン)の再生材含有量を30%にするためには、再生材が約124万トン必要となる。これを①容器包装用途に使用するMR再生材と②マスバランス方式で容器包装用に指定されたCR再生材で賄うことになる。①のMR再生材としては、ボトルtoボトルやボトルtoシート&フィルムなど容器包装用に使用されるPETボトル再生材が該当する。その量は2021年に37.7万トン使用されているので(P.12)、2030年に44万トンに増えるとする。PE、PP、PSの再生材については予測が難しいが、2030年に10万トン程度容器包装用途に使用されると仮定する。再生材必要量(124万トン)からこれら再生材(計54万トン)を差し引くと、必要なCR再生材(②)は70万トンになる。この約70万トンのCR再生材を

新規の熱分解法 CR プラント（処理能力 80 万トン/年）で製造して、マスバランス方式を利用して容器包装用に販売することになる。

(3) 廃プラの処理方法別比率について：2021 年の実績と 2030 年の推定

表 11 の上表は、プラスチック循環利用協会の資料（参考文献(7)）に基づいて作成した 2021 年の廃プラの処理方法別重量（比率）の実績である。また、表 11 の下表は「世界標準」をクリアした場合の 2030 年の廃プラ処理方法別重量（比率）の姿である。

表 11 廃プラ処理方法別重量(単位:万トン):上表は 2021 年、下表は 2030 年

リサイクル (MR&CR) 207 (25%)																	
178			29		510			63		45		825					
21.5 (%)			3.5 (%)		61.8 (%)			7.6 (%)		5.4 (%)		100 (%)					
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				単純焼却		埋め立て		合計				
MR再生材		廃プラ			国内使用	輸出	輸出	固形燃料						発電	ガス化	熱回収	
国内使用	輸出	輸出	29	195					252	13	50	63	45				825
47			75		56		29		195		252		13	50	63	45	825
180			110		453			52		30		825					
メカニカルリサイクル			ケミカルリサイクル (内、80はマスバランス方式のケミカルリサイクル)		エネルギー回収効率の高いサーマルリサイクル				単純焼却		埋め立て		合計				
MR再生材・国内使用					固形燃料、発電、ガス化、熱回収												
21.8 (%)			13.3 (%)		55.0 (%)				6.3 (%)		3.7 (%)		100 (%)				
リサイクル (MR&CR) 290 (35%)																	

注：矢印は主な移動を示す。黒矢印は重要な移動。

出所：2021 年度の廃プラの処理方法は、プラスチック循環利用協会の資料（参考文献(7)）。

表 11 下表については、次のように作成した。①2030 年の廃プラ処理量は 2021 年と同量とする。②表 10 から 2030 年の廃プラのリサイクル量 290 万トン、リサイクル率 35%とする。③容器包装プラの再生材含有量を 30%にするために、CR 新プラントで 80 万トンの廃プラを処理する。④輸出をやめて大部分を国内 MR に、一部を CR にする。⑤サーマルリサイクルの固形燃料と発電分の一部を CR にシフトする。⑥サーマルリサイクルはエネルギー回収効率のよいものを残す。⑦単純焼却と埋め立ては削減し、その分はサーマルリサイクルで処理する。

CRの新プラントは1,000トン当たり2,000～3,000ドルの設備費が必要とすれば、新規80万トン/年のCRプラントの設備費は約16～24億ドル（約2,100～3,100億円：1ドル＝130円で換算）となる。1プラントの処理能力を10万トン/年とすると、全国に8か所必要となる。各地域の廃プラの発生量を考慮して、全国にある石油化学コンビナート12か所³³の適当なところに設置することになるだろう。

考えられる具体的対策としては、①廃プラ分別回収率は自治体でばらついている。回収率の高い先進的な分別回収を実施している都道府県をお手本に全国共通の高い回収基準を作成する。これにより、廃プラの分別収集の量の拡大と質の向上を実現する。これはMRとCRの量的拡大につながる。②他のごみと混じっていないプラスチック単独の廃棄物はできるだけCRに回す。例えば、固体燃料のRPF（Refuse Paper & Plastic Fuel：プラスチックと紙の混合物）の原料である（紙を混ぜる前の）プラスチック単独廃棄物をCRに使用する。固体燃料の量は195万トンで、セメント原・燃料などに使用されている（参考文献(7)）。現在のRPFの生産量は2021年度160万トンで、年々増加している³⁴。③現在輸出されている廃プラは輸出禁止として、MRできるものはMRに、できないものはCRに回してリサイクルする。④焼却炉の新設禁止とエネルギー回収効率の低い焼却炉の更新を禁止する。焼却炉を停止して、リサイクル処理に変更することに財政支援する。

³³石化協資料によると、石油化学コンビナートは関東（7か所）、四日市、大阪、水島、周南、大分にある。
<https://www.jpca.or.jp/trends/plants.html>

³⁴ <https://www.jrpf.gr.jp/rpf-1/rpf-6>

5 欧米のリサイクルの現状と 2030 年

表 12 に、日欧米のプラスチック需要、廃プラ回収量、再生材の生産をまとめた。

表 12 日欧米のプラスチック需要、廃プラの処理、再生材の生産

	人口	年	プラスチック需要量 (万トン)	廃プラ回収量 (万トン)	廃プラの処理 (万トン、%)						再生材の生産 (万トン)			出典
					MR 国内、欧州内	MR輸出	CR	エネルギー回収	単純焼却	埋め立て	合計	PET	ポリオレフィン他	
日本	1.3 億人	2021	900	824 100%	122 14%	56 7%	29 4%	510 62%	63 8%	45 5%	97	33	64	灰色：プラスチック循環協
欧州	5.1 億人	2020	5,360	2,950 100%	920 31%	100 3%	ゼロ	1,240 42%	ゼロ	690 23%	430	130	FLEX・PE 180 Rigid・PE/PP 120	黄色：Plastic Europe 緑：PRE (2020)
米国	3.3 億人	2018	3,700	3,560 100%	157 4.4%	153 4.3%	ゼロ	560 15.7%	ゼロ	2,690 75.6%	198	98	HDPE 56 LDPE 37 PP 5 PS 2	青色：EPA

出所：表中の出典を基に旭リサーチセンター作成。

5.1 欧州の現状と 2030 年

(1)リサイクルの実績

①プラスチックの需要（2020年 5,360万トン）と廃プラ回収量（2020年 2,950万トン）に大きな乖離がある（表12）。EUは廃プラ回収量の把握が不十分ではないだろうか。

②Plastics Europeの情報³⁵：2020年の廃プラ発生量は2,950万トン、そのうちリサイクル処理1,020万トン、エネルギーリカバリー1,240万トン、埋め立て690万トンであった。そして、リサイクル処理の内訳は、輸出100万トン、国内リサイクル910万トン（内訳：リサイクル品国内460万トン、リサイクル品輸出90万トン、ロス360万トン）。

③リサイクルの大部分はMRである。MRに当初期待された飛躍的成長は見られず、最近はほとんど伸びていない。（参考文献(5)）。

(2)リサイクル率目標（2030年の容器包装廃プラのリサイクル率 55%）と現状

Plastics Europeによれば（参考文献(5)）、容器包装廃プラのリサイクル率は2019年で42%である（表13）。まずまずの数字に見えるが、実際には加盟国のリサイクル率の定義が

³⁵ https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/06/PlasticsEurope-CircularityReport-2022_2804-Light.pdf

統一されておらず、加盟国間のデータが比較できないという。近々、厳しい定義が制定される予定で、その基準でいうと現在のリサイクル率42%はやっと30%程度になるという説もあることから、2030年のリサイクル目標達成が危ぶまれている。

一方、EUのEurostatによれば、2020年のリサイクル率は38%である（図6）。

表13 容器包装廃プラのリサイクル率

国名	容器包装 廃プラ (千トン)	容器包装 廃プラのリサイクル	
		千トン	(%)
ドイツ	3,145	1,571	(50%)
イギリス	2,362	1,044	(44%)
イタリア	2,297	1,024	(45%)
フランス	2,352	621	(26%)
スペイン	1,655	839	(50%)
ポーランド	1,074	405	(38%)
オランダ	512	258	(50%)
欧州全体	17,800	7,500	(42%)
EU規制		2030年55%以上	

出所：Plastics Europe（2019）

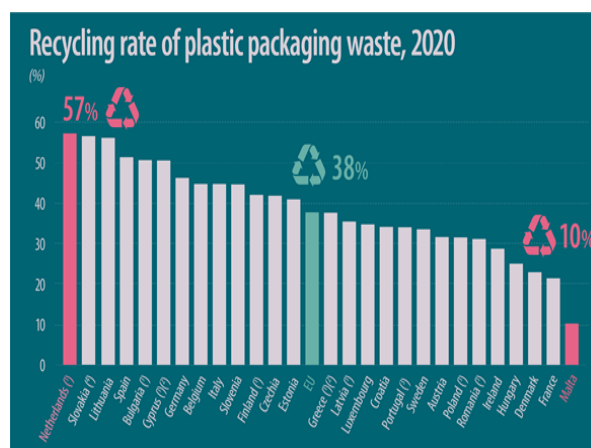


図6 2020年の容器包装廃プラのリサイクル率

出所：Eurostat³⁶

(3) 容器包装プラの再生材含有量 30%規制の提案

前述のようにPlastics Europeは2021年9月21日に、2030年までに容器包装プラの再生材含有量を30%にすることを義務づけることを提案した³⁷。

(4) CR 新プラント計画

2025年までに26億ユーロ、2030年までに72億ユーロがCRプラントに投資される(Plastics Europeの発表)³⁸。メンバー企業は2025年に120万トン、2030年には340万トンの再生材生産を目指しているという。

³⁶ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20221020-1>

³⁷ <https://plasticseurope.org/media/european-plastics-producers-call-for-a-mandatory-eu-recycled-content-target-for-plastics-packaging-of-30-by-2030-3/>

³⁸ <https://plasticseurope.org/media/european-plastics-manufacturers-plan-7-2-billion-euros-of-investment-in-chemical-recycling-2/>

5.2 米国の現状と 2030 年

(1)リサイクルの実績 (EPA 資料³⁹)

2018 年における廃プラ (MSW 系) の発生量は 3,560 万トンで、リサイクルが約 9%の 309 万トンであり、紙廃棄物 (MSW 系) のリサイクル率 68%に比べはるかに小さい。そのプラスチック別の内訳 (廃棄物発生量 (万トン)、リサイクル量 (万トン)、リサイクル率 (%)) は、①PET 529 万トン、98 万トン、18.5%、②HDPE 630、56、8.9、③PVC 840、ほぼゼロ、④LDPE/LLDPE 859、37、4.3 ⑤PP 815、5、0.6、⑥PS 226、2、0.9 ⑦その他レジン 416、111、26.7 である。

(2)リサイクル目標

①EPA は 2020 年に、2030 年までに全材料のリサイクル率を 50%にする目標を発表した⁴⁰。

プラスチックの目標はわからない。

②前述のように、ACC (米国化学工業協会) は 2021 年 7 月 13 日に、連邦議会に対して「2030 年までにすべての容器包装プラに少なくとも 30%の再生プラスチックを含めるという国家基準制定と CR の急速な拡大を可能にする法規制を提案した⁴¹。

(3)CR 新プラント計画

ACC は、化学会社よりこれまでに総計 80 億ドルの投資計画が発表されていると述べている。筆者は、米国はエタンクラッカーの比率が圧倒的に高く、熱分解油 (ナフサなど) を原料に使用できるナフサクラッカーが少ないのは問題にならないのか不思議に思っている。

(4)ACC の州政府と連邦政府・議会への CR 認定の働きかけ

2022 年 5 月 15 日の ACS C&EN⁴²によれば、米国 18 州が CR (Advanced Recycling) を推進する法案を立法化した。これら法案では CR は製造施設として取り扱い、廃棄物処理設備とは見做さない。これに対し、環境団体は、「シングルユースプラスチックの削減を要求する。また、NRDC (Natural Resources Defense Council) の調査によれば、7 つの既存 CR プラン

³⁹ https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-01/documents/2018_tables_and_figures_dec_2020_fnl_508.pdf
Table 8. Plastics in Products In MSW, 2018

⁴⁰ <https://www.epa.gov/recyclingstrategy/us-national-recycling-goal>

⁴¹ <https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/news-trends/press-release/2021/plastic-makers-outline-5-actions-congress-can-take-to-advance-circular-economy-end-plastic-waste>

⁴² <https://cen.acs.org/environment/recycling/plastic-recycling-chemical-advanced-fuel-pyrolysis-state-laws/100/i17>

トがエネルギー多消費型で汚染物質を発生していることから、上記の立法化は悪い方向である。また、CR により燃料を製造することについて上記の法律を適用すべきではない⁴³」と述べている。

(5) Secondary sorting facilities の提案

Mckinsey は、軟質の PE フィルムなどを回収する Secondary sorting facilities (二次選別施設) の提案をした (2022 年 11 月に発表)⁴⁴。ACC はこれに賛同している⁴⁵。

現在、MRF (Material Recovery Facilities : マテリアルリカバリー施設) において、MSW から軟質 PE フィルムを選別する比率は 20~30%にとどまっている。フィルム類の洗浄設備を充実させた新たな Secondary sorting facilities (Feedstock preparation facilities (FPFs) とも呼んでいる) をつくり、リサイクル原料を増やすことがねらいである。

⁴³ Iowa、Ohio、Texas 州は CR による燃料製造も CR に含めている。

⁴⁴ <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/beyond-the-bottle-solutions-for-recycling-challenging-plastics>

⁴⁵ <https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/news-trends/press-release/2022/reports-secondary-sortation-economically-attractive-and-necessary-to-scale-up-recycling>

おわりに

UNEA5.2 の決議に基づく政府間委員会（INV）の動きを見て、EU の容器包装リサイクル規制が「世界標準」になる日も近いと感じ、本レポート作成に着手した。そして、その観点から手持資料を整理し直し、リサイクルとバイオマスの国際動向をまとめた。そこで、欧州発の循環経済をグローバル化しようとする EU の並々ならぬ熱意、使命感、野心を強く感じた。また、ケミカルリサイクル、マスバランス方式による再生材の容器包装用途への指定、容器包装材料の再生材含有量 30%規制の提案を結びつける EU の戦略に舌を巻いた。

そして、「世界標準」が日本に適用された場合の問題点と対策を考え、2030 年の日本の姿を描いた。その要旨は、日本が 2030 年の「世界標準」（容器包装廃プラのリサイクル率 55%、容器包装プラの再生材含有量 30%など）を達成するためには、廃プラをサーマルリサイクルからケミカルリサイクルにシフトし、新たに約 80 万トン/年のマスバランス方式を利用できるケミカルリサイクルプラントを建設するというものである。それには約 2,500 億円レベルの投資が必要となるが、過去の高性能焼却炉の全国導入に比べれば、少ない投資だろう。なお、以上推定は机上の計算であるが、何かの参考になれば幸いである。

世界の趨勢はわかっているが、実際に黒船が来るまでは腰が重いのが日本の常である。太陽光発電、炭素税、バイオ燃料（SAF など）などの経緯が思い浮かぶ。黒船が来てからの対応は時間的余裕がなく、コストが高くなる恐れがある。プラスチックリサイクルは、静脈系を含むサプライチェーンが長く、ステイクホルダーが多い仕事なので時間がかかるだろう。

一方、欧州はリサイクルが進んでいるように見えるが、色々問題もあるようだ。当初期待のメカニカルリサイクルの飛躍的拡大は実現せず、ケミカルリサイクル新プラント頼みである。米国はリサイクル率アップが最大の課題である。ここもケミカルリサイクル新プラント頼みであるが、そのための原料廃プラの確保が必須である。

資源枯渇と CO₂ 排出抑制は喫緊の課題である。プラスチックリサイクルは経済的に難しい方法だが、次のイノベーションが出現するまでのつなぎとして、これに取り組まざるを得ないだろう。将来、バイオエコノミーの画期的なイノベーションにより、バイオ工場で非可食性バイオマス由来のバイオナフサが石油系ナフサと同じ価格で、大量に製造できるようになる日を期待したい。

参考文献(引用文献)

(1) ～ (6) は ARC リポート (府川伊三郎)

(1) 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 2019年8月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1037.pdf

(2) 日本のプラスチックリサイクルの現状と課題 2019年9月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1039.pdf

(3) リサイクルが進むPET樹脂は循環経済を実現するか 2020年2月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1043.pdf

(4) プラスチックのケミカルリサイクルとその技術開発 (上)、(下) 2020年5月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1046.pdf

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1047.pdf

(5) プラスチックのメカニカルリサイクル (欧米のポリオレフィンMRの動向) 2022年9月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1059.pdf

(6) 拡大する海洋 (マイクロ) プラスチック問題とその解明 2022年10月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1060.pdf

(7) プラスチック循環利用協会資料

<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf>

(8) Plastics Europe : Plastics-the Factsheet

https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf (2020年)

https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/AF-Plastics-the-facts-2021_250122.pdf (2021年)

https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/06/PlasticsEurope-CircularityReport-2022_2804-Light.pdf (2022年)

(9) Plastics Recyclers Europe : Publication

<https://www.plasticsrecyclers.eu/plastics-recyclers-publications>

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/marc.202000415>

<本レポートのキーワード>

メカニカル（マテリアル）リサイクル、ケミカルリサイクル、バイオマスプラスチック、容器包装プラスチック、再生材含有率、UNEA5.2、サーマルリサイクル、マスマランス方式

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

このレポートの担当

シニアリサーチャー 府川 伊三郎

E-mail : fukawa.ig@om.asahi-kasei.co.jp

<https://arc.asahi-kasei.co.jp/contact/>