

ケミカルリサイクル技術と グローバルケミカルリサイクルビジネス

アイシーラボ Muroi Takashiro
室井 高城

代表 〒 300-1235 茨城県牛久市刈谷町 5-8-5
☎ 029-873-8844

はじめに

深刻な海洋汚染が問題となりプラスチックは使い捨ての時代からリサイクルの時代に突入した。そのまま再利用できれば良いが、実際の廃プラスチック(廃プラ)はレトルト食品の包装や日用品、玩具など多層フィルムや混合プラスチックが多くまた、着色されている。そして多くの廃プラは食品残渣や紙類、草本類などと混合廃棄されているため焼却処分されてきた。欧米では、これらの廃プラは熱分解による液化またはガス化によるケミカルリサイクルで回収が行われ始めた。

プラスチックケミカルリサイクルをめぐる背景

2021年6月「プラスチック資源循環促進法」が国会で成立し、使い捨てスプーンやカトラリーなどの使用量削減などサーキュラーエコノミーが促進されることになった。自治体は容器包装リサイクル法(容リ法)以外の玩具や日用品などのプラスチ

ック製品の回収も求められ、自主回収事業者は許可不要で資源回収できるようになった。環境省は8月5日の中央環境審議会で廃棄物処理における2050年のGHG排出量の実質ゼロを目指すシナリオを了承した。

欧州では2021年から容器包装に用いられた廃プラスチックの焼却または埋立処分には€0.8/kgという高額な税金が課せられることになった。

廃PETのケミカルリサイクル

廃PETボトルのリサイクルは世界中で本格的に行われるようになった。分別回収された廃PETボトルの大部分は固相重合で再生ボトルに作り直されている。それでも未だ日本では2019年B to B(企業間取引)と言われるPETボトルへの回収は22.2%で協栄産業グループの他、台湾の遠東グループのFIGP社やエフピコ社などが行っているが最近、新規参入が相次いでいる。回収された廃PETボトルは集荷後、^{ふうし}風篩によって夾雑物や紙類や金属類は分離され、さらに目視によって分別

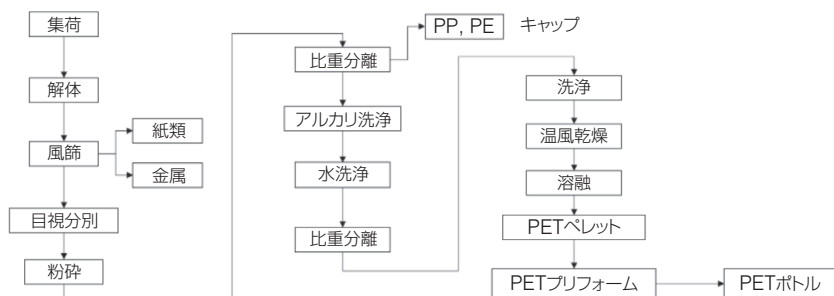


図1 PETボトルのリサイクルフロー

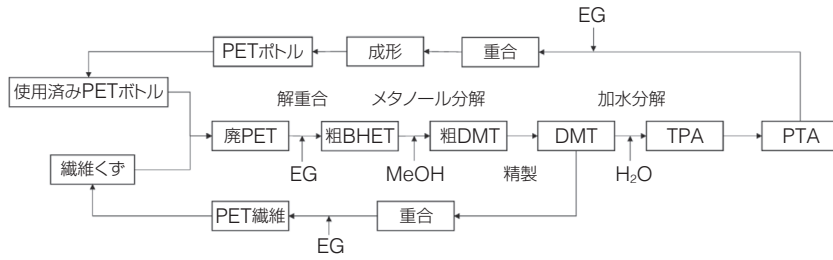


図2 帝人プロセス

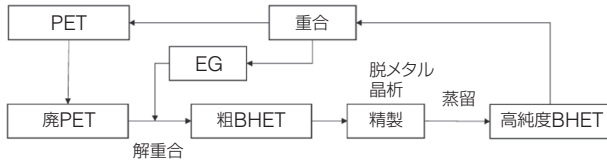


図3 アイエスプロセス

された後、粉碎され、PE、PPなどのキャップ類は水中で比重差で分離され、次いでアルカリ水洗浄、さらに水洗浄を行い、再度、比重分離を行い、洗浄、乾燥後、約200℃で熔融重合され、押し出してペレットとされている。プリフォームに直接加工する技術も開発されている。再生されたペレットは清涼飲料水メーカーや繊維メーカーに納入されている(図1)。

解重合による廃PETボトルのモノマー化

メタノールやエチレングリコール(EG)を用いてエステル交換することにより解重合しモノマーとして再度PETを合成するケミカルリサイクル技術が開発されている。この方法では着色ボトルやポリエステル繊維からのPETの回収も可能である。帝人ファイバーのメタノールとEGを用いた解重合プロセスは廃PETをEGで解重合し、BHET(ビス-β-ヒドロキシエチルテレフタレート)してからメタノールでエステル交換し、ジメチルテレフタル酸(DMT)として精製し、加水分解して高純度テレフタル酸(PTA)としてEGと反応させる方法で、石油化学で製造されているのと同様方法でPTA樹脂を製造する方法である(図2)¹⁾。

アイエスはEGを用いた解重合プロセスを開発している。解重合されたBHETは再度縮重合されPET樹脂とされる(図3)。帝人プロセスと異なり

PTAを経由せず精製されたBHETは重合されPET樹脂へリサイクルされる²⁾。2001年ペトリバース社が設立され川崎で稼働したが、廃PETが有償となり経営が悪化し生産を中止した。今夏、同社が改めて2.2万トン/年の工場を再稼働することと双日と「BRING TechnologyTM」としてライセンスすることを

発表している。再生の工程は次のとおりである(図3)。

- ①集荷使用済みペットボトルの破碎、洗浄
- ②苛性ソーダを触媒としてEGによって粗BHETに解重合
- ③粗BHETはイオン交換樹脂、晶析、蒸留により精製
- ④精製BHETは縮重合されPET樹脂製造

米イーストマン・ケミカルはメタノールによるメタノリシスプロセスを開発し、30年までに使用済みプラスチック22.7万トン/年のリサイクルを目指し\$250M(約262億円)を投資してテネシー州キングSPORTにプラントを建設している³⁾。

米オハイオ州のBCDグループは、ポリエステルと綿混紡織物から苛性ソーダ水溶液を用いて、脱染料とポリエステルの解重合を行い、綿と分離し、解重合したテレフタル酸ジNaは精製しPTAとし、綿は洗浄後再生綿として回収できるM-BCDプロセスを開発している⁴⁾。

仏クラビオス(Carbios)は独自で開発した酵素を用いた廃PETの解重合プロセスを開発し英テックニップFMC(TechnipFMC)と実証プラント建設を決定した。解重合は約10時間で90%以上の収率でEGとDMTに解重合される。着色PETも問題なく回収される。プラントは仏のリヨンのセンターに建設され、2021年操業が開始される⁵⁾。

欧州では、Horizon 2020プロジェクト(EUによ

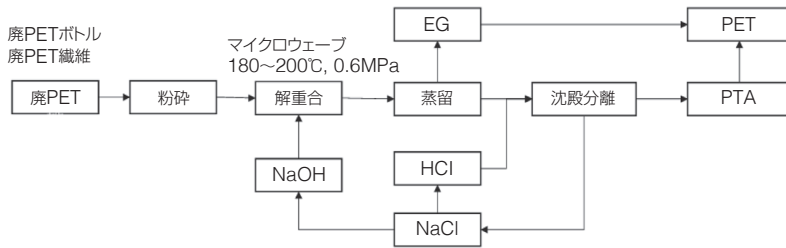


図4 DEMETOによるPET再生スキーム

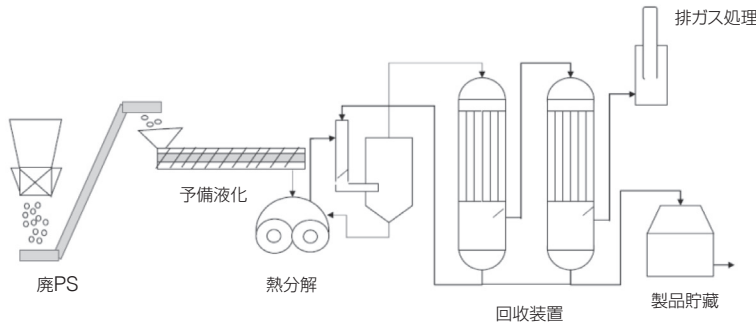


図5 アジリックスプロセス

る研究・イノベーションの助成の枠組み)の一環としてマイクロウェーブによる廃PETの解重合によるリサイクルの開発が行われている。13社によるDEMETOコンソーシアムでDEMETO (DE-polymerization by MicrowavE Technology)プロジェクトと呼ばれている。2017年から3年間で予算は€9.9 Mである。すでにシネシス (Synesis)とジーアスリーエン (Gr3n)による設計が終了し2019年内にパイロットを稼働させ、伊PROCESSI INNOVATVI, R&Dがコーディネーターになって2020年に本格的実証プラントが建設された。米コカ・コーラと韓コーロンも参画している。プロセスは廃PETボトルや廃PET繊維を粉碎し、苛性ソーダ水溶液中でマイクロウェーブを用いて短時間で解重合しテレフタル酸ジNaとして精製後、PTAとする方法である。副生するNaClは電解でリサイクルされる(図4)⁶⁾。

廃ポリスチレンのケミカルリサイクル

ポリスチレン(PS)は比較的低温(300℃)で熱分解することからケミカルリサイクルが容易であるが、分解時に2量体や3量体、他の芳香族類が生成するため、蒸留精製が必要である。デンカは関

連会社の東洋スチレンの使用済みPS(ポリスチレン)のケミカルリサイクル事業化のため米アジリックス(Agilyx)とライセンス契約を締結した。千葉工場内に、3000トン/年の廃PSの熱分解によるSM(スチレンモノマー)再生実証設備を建設し、2021年度末の操業開始を目指している。Agilyxはすでに米国内でINEOSと再生のパイロットプラントを稼働させている。Agilyxの使用済みPSの再生プロセスを示す(図5)⁷⁾。

東芝プラントシステムズは山梨県笛吹市一宮町にあるエルテックサゼスにおいてNEDOの助成金を用いて1000トン/年の実証プラントを稼働させている。副生重油は燃料として利用できるため99%リサイクルされる。SMモノマーの回収率は50%以上で、スチレン純度は99.7%以上とされている。PSジャパン(旭化成:62.07%、出光興産:37.93%)は東芝プラントシステムのPSリサイクル実証化設備を水島工場に建設する検討を開始した。プラントは2022年3月に完成する。

廃プラスチックの液化によるリサイクル

マテリアルリサイクルが困難な多層フィルムや混合プラスチックは廃プラの約6割を占める。