



複合材や混合ごみを樹脂、 金属・残渣に成分分離

溶媒による湿式法、樹脂は熱分解油生成に活用

アースリサイクル(株)

軽量で高強度な繊維強化プラスチック (FRP) は、その特性を生かして、自動車や航空分野などで広く使用されているが、一方で、これらは繊維と樹脂を組み合わせた複合材であるため、リサイクルの難しさが指摘されていた。こうした複合材を容易に分離する技術を持つのが、アースリサイクル(株) (立花 孝社長、兵庫県揖保郡太子町東南726、TEL.079-276-6275、<https://www.earthrecycle.net/>) だ。同社の独自技術である溶媒を用いた「湿式法」であれば、家庭ごみやシュレッダーダストなどの混合プラスチックごみ、炭素繊維強化プラスチック (CFRP)、アルミ積層フィルム、エアバッグや電子基板までが、樹脂や金属などの成分にきれいに分離する。混合プラごみであれば、PE、PP、PSを分離して熱分解油を生成し、残る樹脂や金属も分離して再生が可能だ。CFRPの場合は、炭素繊維とエポキシ樹脂分解物に分けることができる。CO₂排出削減などの観点から、廃材のリサイクルに注目が集まる昨今。「分離技術が広がれば、世の中は変わる」と断言する立花社長に、技術の詳細とその可能性について聞いた。

(高橋綾子)

リサイクル装置の開発、 設計会社

兵庫県神戸市で、9月に開催された総合展示会「国際フロンティア産業メッセ2020」。アースリサイクルの出展ブースでは、炭素繊維複合材や医薬品包装用のPTPシート、塩ビのテ



立花 孝社長

ントシートなど、様々な複合材から分離、再生された材料が並んでいた。立花社長は、「当社の分離技術を用いれば、世の

中にある複合材料から資源を取り出すことができます。従来処分されていた廃棄物を再生させて、プラスチックごみ問題の解決に貢献したい」と語り、資源循環の必要性を訴えた。

立花社長は、石油会社や廃棄物関連会社などを経て、1997年に同社を設立した。自社技術を基にした廃棄物リサイクル装置の開発・設計、廃棄物分離テストの実施などが同社の主な事業だ。メーカーなどから製品の廃材や端材の「分離・熱分解テスト」の依頼を受け、同社装置を用いて試験を実施し、その評価を行っている。複合材分離装

置や熱分解装置は、兵庫県たつの市の同社実験所に設置している。

溶媒を用いて3つに分離

同社の分離技術の特徴は、特定の溶媒(処理剤)を用いて、複合材の成分を分離する「湿式法」にある。ごく簡単に言えば、処理剤に複合材を入れて加熱することで、溶媒に溶けるもの、浮くもの、沈むものに分ける。処理剤にはグリコール系の溶媒を使用し、常圧環境下で250℃程度に加熱して処理する。

立花社長は、「例えば、家庭ごみ、シュ



複合材分離装置



熱分解装置



熱分解・蒸留装置

分離・熱分解設備

CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH

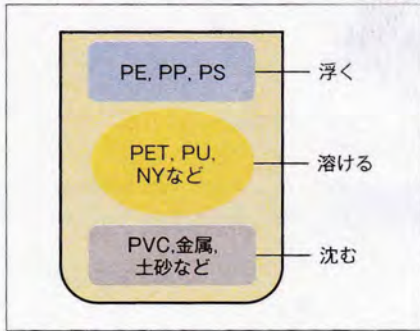


図1 複合材分離装置を用いた分離イメージ

レッダーダスト*など、紙やプラや金属などが混ざった『混合プラごみ』が原料になります。これらを私たちの分離装置にかけると、原料は3つに分かれます。まずは、熱分解油の原料に適したPE, PP, PSが選択的に分離されます。そして、PVCや金属、土砂などの残渣が溶媒中に沈降し、油化に適さないPET, PU, NYは溶媒に溶解します」と説明する(図1)。

熱分解油の生成をゴールと考えると、PE, PP, PS以外の樹脂や金属な

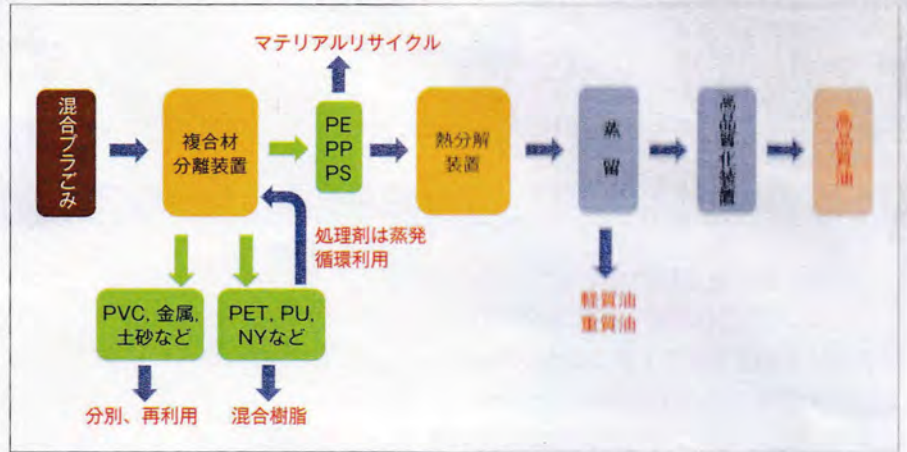


図2 混合プラスチックごみの分離・熱分解プロセス

どは不純物となる。同社のプロセスでは、まずこれらの不純物を取り除いて、PE, PP, PSから熱分解油(軽質油、重質油、高品質油)を生成し、残った不純物もそれぞれの方法で再生していく(図2)。

「PVCはほぼ塩ビの形で抽出できますし、溶媒に溶解したPET, PU, NYなどは、溶媒を蒸発させるなどして混合樹脂として再利用が可能です。蒸発

させた溶媒も、繰り返し分離処理に使用することができます」(立花社長)

また、PE, PP, PSも、良質なものはマテリアルリサイクルに回すことが可能だ。立花社長によると、PE, PPのオレフィン系とPSとを分ける技術もあるといい、これらを分離することでマテリアルリサイクルが一層容易になる。

パームの実からバイオジェット燃料を

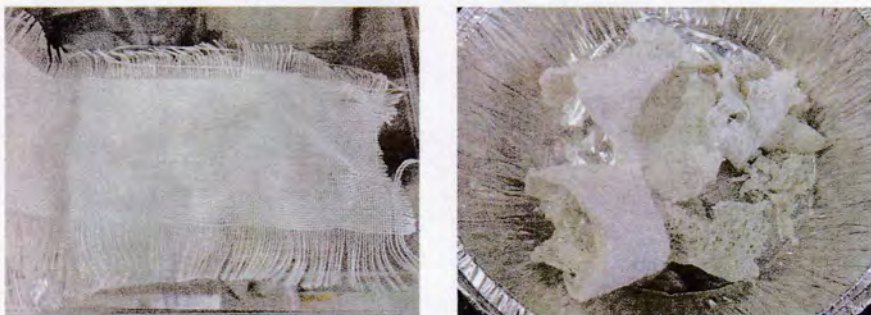
分離したPE, PP, PSを用いた油化工程では、原料を熱分解装置で加圧しながら400~430℃程度にまで加熱し、生成物である蒸気を冷却して油を得る。現在、熱分解油を生成する技術はほぼ確立されているが、同社ではさらに高品質化装置を用いて不純物を除去し、生成油の安定性を高めている。

立花社長は、「通常、熱分解油には沈殿物が残りますが、当社の場合、溶媒抽出法によって不安定要素の窒素を

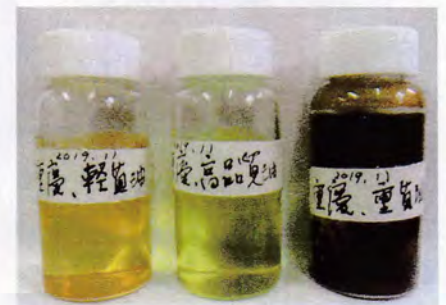
* 廃棄された自動車や家電などを工業用シュレッダーで粉碎し、再利用できる資源を取り除いた後に残る混合ごみのこと。ガラスやゴム、プラスチックなどが混ざっている。



複合材から分離した資源



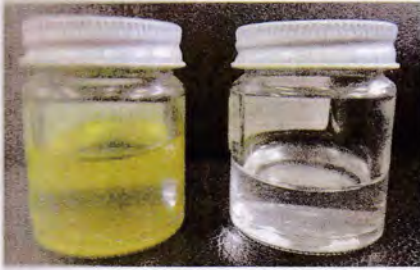
屋外用テントから分離したポリエステル(左)とPVC(右)



中国・重慶市の混合ごみから得られた油。左から軽質油、高品質油、重質油



高品質油の原料、パームの実



パームの実から得られた油（左）とそれに水素添加を行った高品質油（右）。いずれも100%バイオマスで製造

除去していますので、石油製品のような安定した油を得ることができます。シュレッダダストや家庭ごみなどからも、きれいな油が取れるのですよ」と話し、中国・重慶市の混合ごみから抽出したという熱分解油を見せてくれた。軽質油、重質油、高品質油の3種類あったが、軽質油と高品質油は透明性が高く、一見、ごみから得られたとは考えにくい。

さらに、バイオマスであるパームの実を熱分解して抽出した油もある。こちらは昨今、CO₂排出削減に向けて注目を集める、航空機用途の「バイオジェット燃料」への展開を目指している。立花社長は、「パームの実から抽出した油から灯油成分を分留し、さらに水素を添加することで安定化した油を得ることができました。バイオジェット燃料に使用できる品質だと自信を持っています」とその新規性をアピールした。

漁網やエアバッグ、電子基板も分離

同社の技術を用いれば、CFRPや

- CFRP→炭素繊維/エポキシ樹脂分解物
- 竹→CNF/リグニン/竹酢
- アルミ複合フィルム→アルミ/PE/PET
- PTPシート→アルミ/PVC
- 消防ホース→アラミド繊維/PS/ポリエステル
- タイヤ→ワイヤ/合成ゴム/天然ゴム
- エアバッグ→シリコン/NY
- 電子基板→銅/ガラス繊維/ICチップ
- ICチップ→銅/金属/貴金属/エポキシ樹脂

図3 同社で行う複合材の分離例



電子基板（左写真の奥）を銅とガラス繊維（左写真の手前）、ICチップ（中央）に分離。ICチップはさらに銅、金属などに分離（右）

PTPシート、アルミの積層フィルム、漁網、消防用ホース、エアバッグ、電子基板なども、それぞれの原料に分離できる（図3）。分離方法は素材によって変えるが、すべて溶媒を使用した湿式法を用いている。

「例えば、漁網にはPETやPP、NY繊維などが使われ、それに浮きや鉛部材、貝殻などが付いていて、処分をするには埋め立てか焼却かしかないと言われます。こうした漁網も当社の技術で分離でき、PPであれば油化することもできます」と立花社長。電子基板も、



漁網から得られた油

銅、ガラス繊維、ICチップに分けられ、さらにICチップは、銅や貴金属、エポキシ樹脂などに分離することができる。

どんな製品がどのように分

離できるのか。同社の技術は大手企業からも注目を集め、テスト依頼が続いているという。立花社長は、「企業の目的は、産業廃棄物処理業者に頼ることなく、工場の中で廃材をリサイクルできる環境を作ること。CO₂排出削減目標に向けて、自社内で処理できるようなトップダウンで進めているような印象です」と話す。企業としては、アースリサイクルでテストした結果をもとに、自社の廃材に適したリサイクル装置を社内に作り、自社内で材料の循環利用を進めたいというわけだ。

「気になるのはコストだと思いますが、装置自体はシンプルですし、分離装置は常圧処理が可能ですから、それほど高額にはならないと思います。今後、こうした社内でリサイクルする動きは増えていくでしょう。フィルム関係のテスト依頼も多いですよ。当社はテスト装置からスケールアップに至るノウハウを持っていますので、装置導入に関してもお手伝いできます」と立

花社長は続けた。

同社には、海外企業からもテストの依頼がある。例えば昨年、中国の産業廃棄物処理会社から、混合ごみの分離・熱分解に関するテスト依頼があった。

立花社長は、「廃棄物を分離する技術を探して世界を回った末に、当社に来てくださったようです。処理後の熱分解油の品質にも高い評価をいただきました。現状、新型コロナウイルス感染症のため海外への往来は難しいですが、コロナ禍が落ち着いたら話が進むと思います」と話した。

分離再生した CF, CNF の販売も

こうした分離技術の開発に加えて、同社は近々、分離・再生した材料の販売にも乗り出す。炭素繊維 (CF) やセルロースナノファイバー (CNF) がその一例だ。

CF は、外部から購入した CFRP から樹脂を取り除いた「繊維」を販売する。シート状の CF やチョップドファイバー、ミルドファイバーも取り揃える予定。

CNF は、地元兵庫県産の竹をセルロース、リグニン、竹酢に分離。得られたセルロースを漂白し、細分化して生産する。

「セルロースの分離も、基本的には混合ごみなどの分離と同じ手法です。溶媒を加熱すると、低い温度帯で竹酢液が抽出されます。その後、セルロースは沈殿し、リグニンは溶媒に溶解しま



左が竹から分離した竹酢 (瓶入り) とリグニン。右が竹セルロースを細分化した CNF

す」と立花社長。生産においては、セルロースの漂白までを自社で行い、細分化工程は外部に委託している。

分離技術普及すれば「プラスチックは怖くない」

「分離技術が認知されるようになれば、世の中は変わる」と立花社長は断言する。「プラスチックも環境中に流出するのが良くないわけで、分離技術によってきちんとリサイクルできれば、『プラスチックは怖くない』とも言えますよね」とその言葉は力強い。

同社の目指すリサイクルは、一極集中の大規模施設での処理ではなく、地域に処理装置を分散させて、その場で出たごみはその場で再生するシステムを構築すること。そうすることで、「よりきめ細かいリサイクルができるようになる」と考えている。「例えば、自治体が電子基板をきれいに分離すれば、最終的に貴金属を得ることができ、災害時に排出したプラスチックごみも地元で処理できます。こうして

自治体単位でリサイクルを実施すれば、人々の意識も変わっていくでしょう」と強調する。

例えば、竹の CNF 化はその好例だろう。現状、CNF の価格は高く、巨大プラントでスケールメリットを出しながら値段を下げていくのが一般的なアプローチだが、立花社長は「私たちは違います」と断言する。「私たちが目指す姿は、コンパクトな装置を竹の発生場所に置いて、地元の人が安く作っていくというものです。古い竹で良いですし、竹の種類も選ばない。当社の近くにある松尾農産加工組合では竹の栽培を行っています。今、地元の人々に呼び掛けて、CNF の生産を交渉中です」とのことだ。

廃棄物を破砕して機械的に分ける手法では、分けられるものに限界がある。「複合材のようなものを成分で分離するためには、当社のような溶媒を用いた湿式法でないと難しい。循環型社会の実現に向けて、重要な技術になると考えています」と結んだ。