

# 触媒懇談会ニュース

触媒学会シニア懇談会

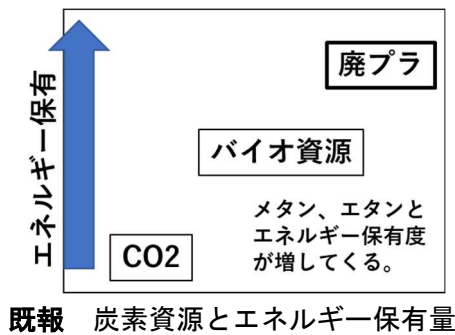
## 新炭素源“廃プラ”を効果的に原料化する

中條哲夫

### 1. はじめに

これは No175 触媒懇談会ニュース「新しい炭素源としての廃プラ」の続編である。

カーボンニュートラル時代には化石燃料大幅削減が求められ、再生可能エネルギー(低エネルギー密度)へシフトする。エネルギーを極力抑え効率的な使用が重要になる。炭素資源も同様に“エネルギー保有が大きい廃プラ”は重要な資源に位置付けられる。



今回は「廃プラ」そのものを原料にすることがエネルギー節約の観点から重要であること、更に「溶媒法」で精製分別が出来る事を中心に紹介する。

その前に“エネルギー保有が大きい廃プラ”を再認識するためにサーマルリサイクルの問題点を指摘したい。

### 2. 現状のサーマルリサイクルを再確認

サーマルリサイクルの割合が極めて多い。

日本 2020年	
マテリアルR. (Mechanical Recycle)	21%
ケミカルR. (Feedstock Recycle)	3%*
サーマルR. (Energy Recycle)	63%

既報 日本の廃プラリサイクル

一般社団法人 プラスチック循環利用協会の 2022 年度パンフレットの資料より。

#### ① 極めて小さな回収効率 10-20%

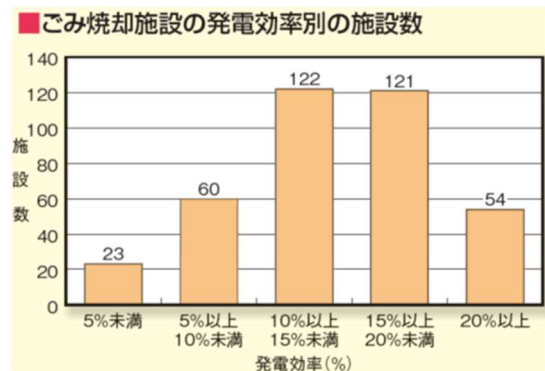


図1 ごみ焼却設備の発電効率

何故、発電効率が悪いのか。塩ビを含むごみ(廃プラ含有)は、約 400℃以上で設備腐食を進行させる。適切な 500-600℃の高温なら発電効率は 50%以上が達成できる。

#### ② 大量 CO<sub>2</sub> 排出とエネルギー資源喪失

更にエネルギー回収だけでなく、大量の CO<sub>2</sub> を排出し“高エネルギー保有資源”を

廃棄している。三重悪である。更に付け加えれば、容器包装リサイクル委託費を投げ捨てたことになる」。

表1 LDPE 低密度ポリエチレン(1トン)

	工程エネルギー (MJ)	資源エネルギー (MJ)	CO <sub>2</sub> (kg-CO <sub>2</sub> )
LDPE	26,132	46,103	1,518

行程エネ：原油から LDPE までの積算値

資源エネ：樹脂が保有するエネルギー

### 3. 溶媒法に関して

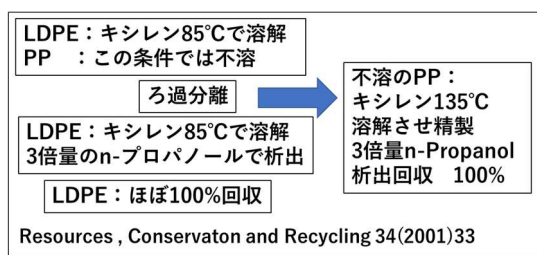
サーマルリサイクルは大問題であり、一方で汎用樹脂を含む廃プラから化学品原料へのケミカルリサイクル技術は、ほぼ無い。そんな中で廃プラから樹脂を取り出す溶媒法に注目した。前回も簡単に触れた。

#### ① ポリプロピレンを取り出す



既報 Purecycle Tech.(internet 情報)

#### ② 混合樹脂を溶媒により精製分別



既報 混合樹脂の溶媒による分別

### 3. 1 回収法の位置付け

CO<sub>2</sub> 排出基準で各回収方法を評価した論文がある。(Processes 2022, 10, 2387.)

単純に焼却すれば 100%排出に対し、溶媒法は 65-75%の排出を削減出来る。これは分子切断や C-C 結合生成が不必要なため。

表2 各回収方法と CO<sub>2</sub> 排出基準評価

処理法	概略 CO <sub>2</sub> 排出相対値
単純焼却	100%
回収付き焼却	85%
埋め立て	60-70%
熱分解	62%
マテリアル R.	40-55%
PET 脱重合	38%
溶媒法	38-30%

(表の値/振れ幅:樹脂により異なる。)

### 3. 2 混合樹脂を溶媒法で取り出す

#### 1) 前回の論文を再度取り上げる。

Conservation and Recycling 34(2001)33-  
廃プラは混合物である。モデル実験をパイロット規模(kg)で行い、適切な溶媒と温度を選択すると定量的に精製分別が出来た。

1) 20w/v%では粘度が高く、10w/v%を選択している。操作性や溶媒処理の観点から。

2) 内容に関しては左欄「混合樹脂の溶媒による分別」に記載した通り。補足すると、LDPE3kgとPP3kgを30liter-Xyleneに85°Cで溶解。その際PPは不溶である。ろ過してn-プロパノール90literでLDPEを析出し乾燥。同様にPPも135°Cで精製分離する。

3) この処理を経験した樹脂物性は物性的に同じである事を確認している。

4) 汎用オレフィンに関して比重を利用して水より軽いか(PE, PP)、重いか(PS, PVC)も取り入れれば基本的に汎用樹脂は精製し分別出来る。

5) 更にコスト計算も行って、ある一定以上の処理量なら成立 (comparable) する。

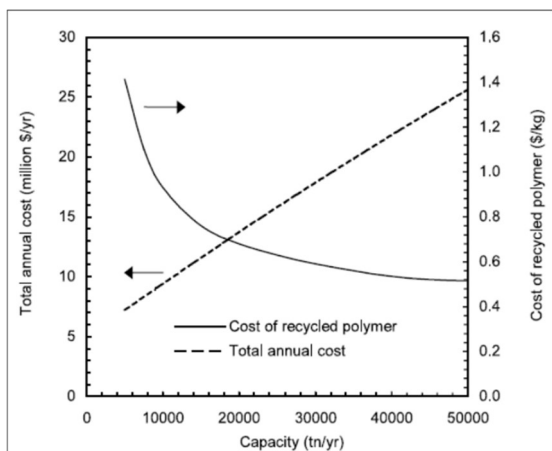
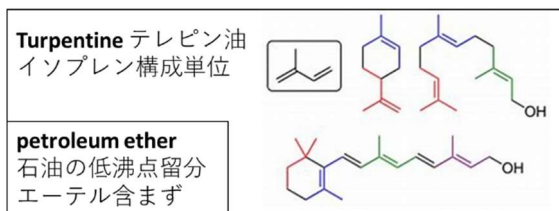


図2 廃プラ処理能力とコスト

## 2) Processes 2022 10 2387

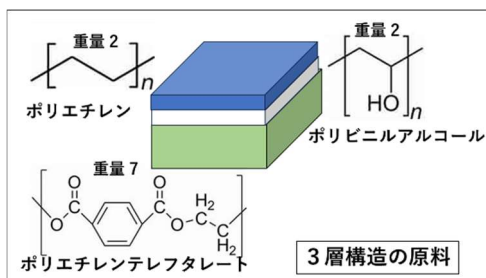
出版年数から 20 年経過しているが、基本的には類似の報告を含み技術の本質は変わっていない。環境影響を重んじ溶媒は変更している。コストも成立する。

表3 溶媒キシレンをテレピン油へ変更



## 3) Sci. Adv. 2020;6 eaba 7599

この論文は、もっと複雑な3層構造ポリマー(フィルム、ペレット)でも定量的に精製分離できることを報告している。



操作としては前報と同じである。廃プラである3層構造体はそれぞれ3条件を経由して各種ポリマーが得られる。

表4 精製分別用各溶媒と反応条件

構成樹脂	溶解溶媒	貧溶媒	回収率
PE	トルエン100°C/4h	アセトン	98.5%
PVOH	ジメチルスルフォキサイド95°C/0.5h	水	95.7%
PET		水	100.7%

この場合もコスト計算で一定量以上の処理量なら既存樹脂に見合うと紹介している。

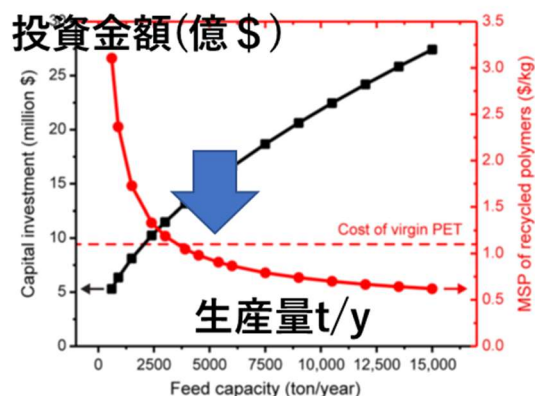


図3 5400t/y以上ならコスト見合う

コスト以外にも PET を製造する必要なエネルギーでも37%も削減できる。当然、炭酸ガス排出量も減少する。

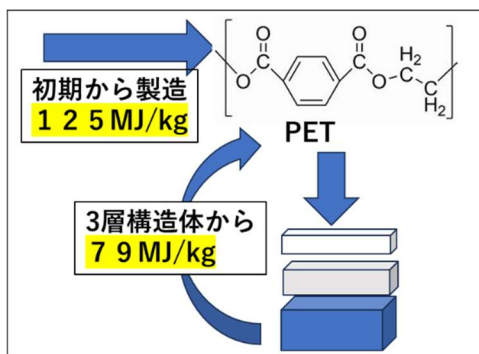


図6 溶媒法によるエネルギー比較

4. 廃プラから得られたポリマーの活用  
得られたポリマーは従来の原料と同様に多

少の改良をしてでも使える。一方、本ポリマーを原料として展開する事も考えるべきだ。

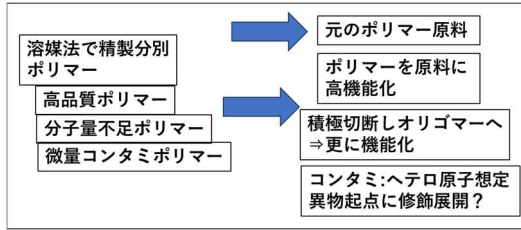
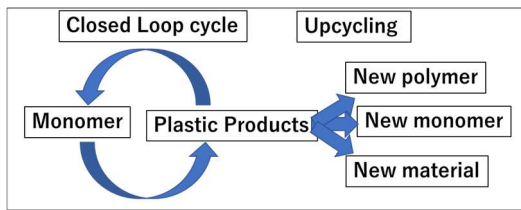


図7 精製分別ポリマーの展開(イメージ)

#### 4.1 新しい原料としての捉え方

既に報告しているが、Nature 始め、廃プラをモノマーへ戻さず、新しい原料として高付加価値化すべきとの提案がある。

Nature 603 (2022) 803



既報 Nature 概念図を作図

詳細な議論は別の機会にしたい。

#### 4.2 エネルギー視点でも有利

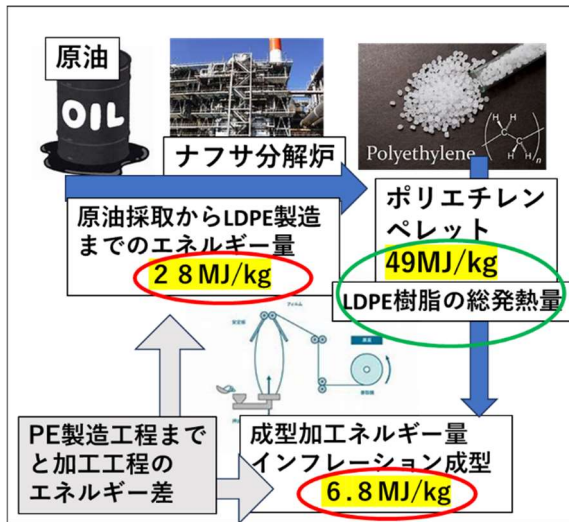


図7 工程エネルギー比較

一般社団法人 プラスチック循環利用協会の 2022 年度パンフレットの資料を再度眺めるとポリマーを原料に加工する方が圧倒的に省エネになる。ポリマー原料の展開がエネルギー的に有利と暗示している。

#### 4.3 社会システムとして(夢)

廃プラの一部は包装容器リサイクル制度で社会全体として取り組んでいる。(旧昭和電工のガス化炉によるアンモニア原料水素生産は活用事例 化学と工業 vol.76-5 May 2023 317)

このシステムは関係業者が委託費用を負担(最終消費者の負担) し合い成立している。

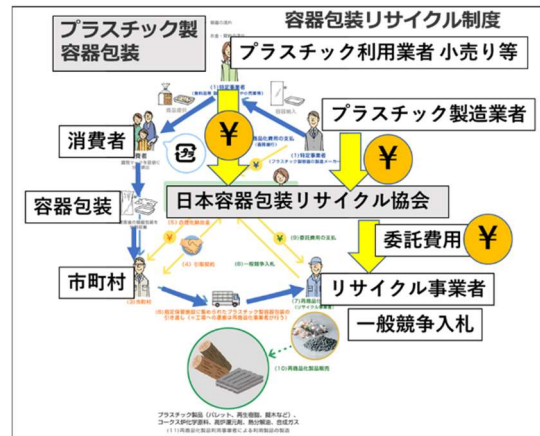


図8 容器包装リサイクルシステム

溶媒法で汎用樹脂を精製分別し供給出来るシステムがあれば、エネルギー、資源、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に大きく貢献できる。

#### 5. まとめ

廃プラを原料に新しい展開しようとする奥が深いと感じる。この新展開にはプロセスと新触媒が必要になるはずと期待している。ポスト石油化学(炭素循環化学)と思っている。

(日付) 2023年7月28日