

第I編 政策編：プラスチックリサイクルの現状と欧州政策との比較

第1章 プラスチックの使用・廃棄・リサイクルの現状と予測
吉田優香

1. プラスチックに関する諸問題：OECDによるベースラインシナリオを中心に

1.1 世界のプラスチック生産量の現状とベースラインシナリオ

- 1.1.1 国別・地域別生産量と予測
- 1.1.2 ポリマー分類別の生産量と予測
- 1.1.3 原料別の生産量と予測
- 1.1.4 用途別の生産量と予測

1.2 世界のプラスチック排出量の現状とベースラインシナリオ

- 1.2.1 国別・地域別プラスチック排出量
- 1.2.2 用途別のプラスチック排出量
- 1.2.3 処分方法別のプラスチック排出量
- 1.2.4 既存文献との推定値の比較

1.3 世界におけるプラスチックの環境への漏出の現状と予測（ベースラインシナリオ）

- 1.3.1 環境へのプラスチック漏出量の推定・予測
- 1.3.2 国別・地域別プラスチックの環境への漏出状況とベースラインシナリオの予測
- 1.3.3 プラスチック汚染の発生源の現状と将来予測
- 1.3.4 水性環境（河川・湖・海洋）へのプラスチックの漏出量と予測ベースラインシナリオ

1.4 世界におけるプラスチックのマテリアルフロー（ベースラインシナリオ）

2. OECDによる政策提言の概要

2.1 プラスチックライフサイクル全般をターゲットとしたOECDの政策パッケージ

- 2.2 「野心」レベルの異なる2つの政策パッケージ
- 2.3 地域アクションとグローバル・アンビション・シナリオの効果予測

- 2.3.1 地域アクション・シナリオ
- 2.3.2 グローバル・アンビション・シナリオ
- 2.4 2つの政策パッケージに必要なコスト

3. まとめ

参考文献

第2章 欧州・米国における2030年プラスチック対策と日本の対応 府川伊三郎

1. まとめ

2. (容器包装)プラスチック問題

3. EUプラスチック戦略（およびグリーンデール）とその『世界標準』化

3.1 「循環経済におけるEUプラスチック戦略」（2018年1月発表）

3.2 EUのプラスチック規制

3.3 欧米の化学業界団体が容器包装プラの再生材含有量30%規制を提案

3.4 マスバランス方式と国際認証

- (1) 混合廃プラ（PE/PP/PS）のCRの実際
- (2) マスバランス方式とは
- (3) 自由なマスバランス方式

(4) マスバランス方式と国際認証（ISCCなど）

3.5 EUの容器包装・容器包装廃棄物に関する新規制度案（2022年11月30日）

3.6 国連を通じた欧州循環経済政策の『世界標準』化

(1) 国連環境総会（UNEA）のUNEA5.2の決議（2022年3月2日）

(2) 国連環境計画（UNEP）、プラスチック汚染に関する国際協定のゼロ草案を公表

4. 欧米における廃プラの処理状況とリサイクルの現状

4.1 日欧米の廃プラの処理状況と廃プラの輸出

4.2 欧州のリサイクル関連の状況

5. マテリアルリサイクル（メカニカルリサイクル：MR）

5.1 MR, CR, 溶媒ベース精製法の比較

5.2 PETのMR

(1) 日本のPETボトルのMRの状況

(2) PETボトルのMR技術

5.3 欧州が強いPO（PE, PP）のMR

(1) 欧州のPOのMRが強いポイント

(2) POのMRの最先端技術（製品）

(3) POメーカーのMRビジネスへの参入

(4) 欧米のPOリサイクラー

(5) 再生ポリオレフィン（PO：PE・PP）の品質課題

(6) 再生材の品質課題と品質改善方法（力学強度、外観色、臭い）

(7) MR技術のイノベーション

6. ケミカルリサイクル（CR）の状況

6.1 CRの特徴や注目される理由

6.2 急拡大する混合廃プラのCRプラント

(1) 混合廃プラのCRプラントの建設

(2) 石油化学企業のCRビジネス参入状況

(3) 熱分解油メーカーと技術

6.3 PETの解重合法CR

7. 2030年の日本のプラスチックリサイクルの姿

7.1 2030年に『世界標準』が日本に適用される時

7.2 試算における容器包装廃プラのリサイクル率の設定

7.3 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

7.4 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

8. おわりに

参考文献

第3章 製造大国・中国の「プラスチックリサイクル」事情
Wu Peter

1. 中国リサイクル市場の概要

1.1 廃プラ回収規模の推移

1.2 廃プラ輸入状況の変遷

1.3 材料種別の回収状況

1.4 今後の市場展望

2. リサイクル企業の現状と今後

2.1 廃プラの主要集散地

2.2 廃プラの既存回収手

2.3 政策規制によるリサイクルメーカーの統合

2.4 良質で標準化された市場へ

3. 明確な基準の制定による質の向上と淘汰

3.1 「廃プラスチック産業総合利用基準条件」とは

- 3.2 基準条件の要求事項
 - 3.3 基準条件の認定企業
 - 3.4 非認定企業の再編・統合・淘汰による、市場の質の向上
- 参考文献

第II編 技術編 1：プラスチックリサイクル関連技術

第1章 プラスチックの化学的手法によるマテリアルリサイクル 室井高城

- 1. マテリアルリサイクル
 - 2. 再生プラスチックの微量有臭成分除去
 - 2.1 EREMA 社の Refresher
 - 2.2 ビューティクル社
 - 3. 溶剤を用いた再生
 - 3.1 PureCycle 社
 - 3.2 多層フィルムの溶媒による分離
 - 3.2.1 ウィスコンシン大学
 - 3.2.2 BASF, Kronen, SÜDPACK, TOMRA
 - 4. 廃プラの脱インキ
 - 4.1 スペインのアリカンテ大学
 - 4.2 DIC
 - 4.3 着色ポリスチレンのリサイクル
 - 4.4 軟包装材料水平リサイクル
 - 5. 添加剤による廃プラのアップグレード
 - 5.1 添加剤
 - 5.2 デンカ
 - 5.3 BASF
- 参考文献

第2章 廃プラスチックの液化によるナフサ製造 熱分解、超臨界、接触分解、など 室井高城

- 1. 廃プラスチックからナフサ
 - 2. プラスチックの熱分解
 - 3. 廃プラ液化油とナフサ成分比較
 - 4. 廃プラスチック液化油の生産予測
 - 5. 廃プラスチックの液化プロセス
 - 5.1 廃プラスチックの熱分解プロセス
 - 5.1.1 Cynar プロセス
 - 5.1.2 プラスチック エナジー (PLASTIC ENERGY) 社
 - 5.1.3 Quantafuel 社
 - 5.1.4 Recycling Technologies 社
 - 5.1.5 Cat-HTRTM Process
 - (1) Licella 社
 - (2) MuraTechnology (Mura) 社
 - (3) KBR
 - (4) Dow
 - 5.1.6 Fuenix Ecology Group
 - 5.1.7 Nexus Fuels
 - 5.1.8 Nexus Circular
 - (1) 独自の熱分解装置
 - (2) LyondellBasell
 - (3) Chevron Phillips Chemical (CPChem)
 - 5.1.9 ExxonMobil
 - 5.2 廃プラの接触熱分解
 - 5.2.1 Recenso 社
 - 5.2.2 KIT
 - 5.2.3 環境エネルギー
 - 5.3 廃プラの水素化分解
- 参考文献

第3章 廃プラスチックのケミカルリサイクル 室井高城

- 1. 廃プラスチックのケミカルリサイクルとは
 - 2. ナフサ利用によるケミカルリサイクル
 - 2.1 廃プラ熱分解油
 - 2.2 ナフサからのエチレン、プロピレン収率
 - 3. マスバランス方式
 - 4. BASF
 - 5. 海外のケミカルリサイクル
 - 5.1 SABIC
 - 5.2 Neste Oil/LyondellBasell
 - 5.3 LyondellBasell
 - 5.4 Dow
 - 5.5 Royal Dutch Shell
 - 5.6 ExxonMobil
 - 5.6.1 Exxtend™ Technology
 - 5.6.2 廃プラ収集コンソーシアム
 - 5.7 LG 化学
 - 6. 廃プラスチック原料ケミカルリサイクルプロジェクト
 - 7. 国内のケミカルリサイクル
 - 7.1 三井化学のケミカルリサイクル
 - 7.2 三菱ケミカルグループ
 - 7.3 出光興産のケミカルリサイクル
- 参考文献

第4章 廃プラスチックの熱分解分析技術と装置例 渡辺 尙

- 1. 概論
 - 2. 熱分解ガスクロマトグラフ/質量分析システムとその分析法の概要
 - 3. マテリアルリサイクルにおける応用分析例
 - 3.1 廃プラスチックの組成分析
 - 3.2 リサイクルプラスチック製品中の添加剤の分析
 - 4. ケミカルリサイクルにおける応用分析例
 - 4.1 単一廃プラの熱分解による触媒反応
 - 4.2 複合廃プラの熱分解による触媒反応および共熱分解反応
 - 5. 今後の展望
- 参考文献

第5章 プラスチックのマイクロ波加熱 樫村京一郎

- 1. マイクロ波加熱技術の開発状況と魅力
 - 2. マイクロ波によるプラスチック直接加熱
 - 3. マイクロ波加熱の基礎と伝熱理論
 - 4. マイクロ波加熱と誘電率・透磁率
 - 5. マイクロ波加熱と加熱容器
 - 6. 電磁波エネルギーの可視化と数値計算
- 参考文献

第III編 技術編 2：バイオマスや都市ごみ、二酸化炭素の利用によるプラスチック製造

第1章 バイオマス原料プラスチック

第1節 バイオマスナフサからのバイオマスプラスチック製造とマスバランス方式 池永裕一

- 1. はじめに
- 2. バイオマスナフサの製造方法
 - 2.1 ナフサとは

- 2.2 第1世代, 第2世代バイオディーゼル
 - 2.3 油脂からのバイオマスナフサ製造
 - 2.4 バイオマスナフサからのバイオマスプラスチック製造
 - 3. ライフサイクル評価 (LCA)
 - 3.1 カーボンLCA
 - 3.2 環境LCA
 - 4. バイオマスナフサの供給量
 - 5. マスバランス方式
 - 5.1 投入オペレーションとマスバランス方式
 - 5.2 マスバランス方式の長所と短所
 - 5.3 マスバランス方式の第三者認証
 - 5.4 第三者認証に基づくトレーサビリティ担保の仕組み
 - 5.5 第三者認証取得の流れ
 - 6. マスバランス方式に関する国内外動向
 - 6.1 マスバランス方式の国際標準化
 - 6.2 マスバランス方式に関する研究会 (国内)
 - 6.3 バイオプラスチックの調達, 表示と使用に関する政策枠組み (EU)
 - 7. バイオマスバランス製品の普及動向
 - 7.1 海外の取組事例
 - 7.2 国内の取組事例
 - 7.3 ISCC ロゴ
 - 7.4 エコマーク
 - 8. おわりに
- 参考文献

第2節 バイオマスからの芳香族製造 室井高城

- 1. バイオマスからの芳香族製造
 - 1.1 バイオエタノールから芳香族
 - 1.1.1 コカ・コーラ社
 - 1.1.2 エタノールの脱水素環化
 - 1.2 バイオエチレンから芳香族
 - 1.3 イソブタノールから芳香族
 - 1.4 糖から芳香族の合成
 - 1.5 ウッドマスから芳香族
 - 1.5.1 Anellotech 社
 - 1.5.2 Origin Materials 社
 - 1.5.3 BioBTX 社
 - 1.6 フルフラールとエタノールから BTX の合成
- 参考文献

第2章 都市ごみを原料としたプラスチック 室井高城

- 1. 都市ごみ
- 2. 都市ごみのガス化
 - 2.1 ごみ焼却
 - 2.2 ガス化炉
 - 2.2.1 サーモセレクト方式ガス化炉
 - 2.2.2 Enerkem 社
 - 2.2.3 Fulcrum 社
- 3. 都市ごみ合成ガスからメタノールの合成
 - 3.1 メタノールから軽質オレフィン
 - 3.2 ロッテルダムメタノールプロジェクト
 - 3.3 JFE エンジニアリング, 三菱ガス化学
- 4. 都市ごみ合成ガスからエタノールの合成
 - 4.1 エタノールからエチレン
 - 4.2 Enerkem 社
 - 4.3 Enerkem-Nova Chemicals
 - 4.4 積水化学
 - 4.4.1 都市ごみのガス化合成ガスからエタノールの合成

- 4.4.2 エタノールからポリエチレン
- 参考文献

第3章 二酸化炭素 (CO2) を原料としたプラスチック 室井高城

- 1. CO2 原料
 - 2. メタンと CO2 からポリマーの合成
 - 3. ポリカーボネート
 - 3.1 アルキレンカーボネート
 - 3.2 コベストロ社
 - 3.3 Eonic Technologies 社
 - 3.4 ヘキサンジオールと CO2 からポリカーボネート
 - 3.5 ジフェニルカーボネート
 - 3.5.1 エチレングリコール併産法
 - 3.5.2 フェノールと CO2 からポリカーボネート
 - 3.6 ヒドロキシポリウレタン
 - 4. ヘキサメチレンジイソシアネート (HDI)
 - 5. ヒドロキシブチレート (PHB)
- 参考文献

第IV編 LCA 編

第1章 Environmental and economic assessment of plastic waste recycling の概要 平野康雄

- 1. はじめに
 - 1.1 背景
 - 1.2 調査の目的
 - 1.3 調査範囲
 - 1.4 用語について
- 2. 調査方法
 - 2.1 環境影響 (LCA)
 - 2.1.1 機能単位と LCA のアプローチについて
 - 2.1.2 システム境界, 地理的・時間的範囲, 支援ソフトウェア
 - 2.1.3 シナリオの定義
 - 2.1.4 投入廃棄物および材料フラクションの組成
 - 2.1.5 データの収集
 - 2.1.5.1 ステークホルダーとのやりとりおよび一次データの収集
 - (1) データ収集プロセス
 - (2) 調査対象としたリサイクル経路
 - 2.1.6 ライフサイクル影響評価
 - 2.1.7 ライフサイクルインベントリのモデル化
 - 2.1.7.1 廃棄物のリサイクル処理前輸送
 - 2.1.7.2 リサイクル (メカニカル, フィジカルまたはケミカル)
 - 2.1.7.3 エネルギー回収 (焼却)
 - 2.1.7.4 リサイクル処理から発生した材料, 残渣, リサイクルロス, およびエネルギー回収残渣の輸送と処理
 - 2.1.7.5 リサイクル・回収製品および代替
 - 2.1.7.6 電気・熱エネルギーの生成
 - 2.2 ライフサイクルコスト
 - 2.3 フィジカルおよびケミカルリサイクルのさらなる経済評価
 - 2.3.1 経済データの収集
 - 2.3.2 評価方法
 - 2.4 ケミカルリサイクルの操業に関する評価
- 3. 結果
 - 3.1 リサイクルとエネルギー回収の LCA

- 3.1.1 データの範囲と質
 - 3.1.2 ライフサイクル影響評価結果
 - 3.1.2.1 メカニカルリサイクル, ケミカルリサイクル, フィジカルリサイクル, エネルギー回収の比較
 - 3.2 リサイクルとエネルギー回収シナリオのライフサイクルコスト計算
 - 3.2.1 データの範囲と質
 - 3.2.2 ライフサイクルコスト計算結果
 - 3.2.2.1 メカニカルリサイクル, ケミカルリサイクル, フィジカルリサイクル, エネルギー回収の比較
- 参考文献

第2章 国内情報が得られる LCA の項目についての比較 平野康雄

- 1. 廃棄物のリサイクル処理前輸送
 - 2. リサイクル (メカニカル, フィジカルまたはケミカル)
 - 2.1 メカニカルリサイクル
 - 2.2 ケミカルリサイクル
 - 2.3 エネルギー回収 (焼却)
- 参考文献

第V編 今後の展望

第1章 今後の展望 室井高城

- 1. プラスチックのリサイクル
 - 1.1 プラスチックの国際条約
 - 2. 今後のプラスチック原料
 - 2.1 バイオマス原料
 - 2.2 廃プラスチックのリサイクル
 - 2.3 CO₂ と再エネ水素からのプラスチック
 - 3. 2050年のプラスチック
 - 3.1 Nova Institute の予測
 - 3.2 2030年以降のプラスチック再生ビジネス
 - 4. まとめ
- 参考文献

第VI編 付録: 参考資料

1. ポリエチレンテレフタレート (PET) シーエムシー・リサーチ 調査部

- 1. 生産・需要動向
- 2. リサイクルの動向 (PET ボトルのリサイクル)
 - 2.1 事業者による自主行動計画
 - 2.2 PET ボトルの軽量化 (リデュース)
 - 2.3 PET ボトルリサイクルの歴史と推移
 - 2.4 PET ボトルのリサイクルに関する国や業界の動き
 - 2.5 落札価格と有償分拠出金額推移
 - 2.6 指定法人における回収状況と品質
 - 2.7 再生PET 樹脂の用途開拓動向
- 3. リサイクルの方法
 - 3.1 マテリアルリサイクル
 - 3.2 ボトル to ボトル
 - (1) ケミカルリサイクル
 - (2) メカニカルリサイクル
- 4. 使用済みPET ボトルの輸出動向
- 5. 主な再生処理施設・業者
 - 5.1 日本容器包装リサイクル協会登録再生処理事業者
 - 5.2 PET リサイクル関連企業動向

2. ポリ塩化ビニル (PVC) シーエムシー・リサーチ 調査部

- 1. 生産・需要動向
 - 1.1 生産出荷動向
 - 1.2 需要動向
- 2. リサイクルの現状
 - 2.1 硬質塩化ビニル管 (塩ビ管)
 - (1) 出荷状況
 - (2) 塩ビ管リサイクルのしくみ
 - (3) 塩ビ管リサイクル受け入れ量の推移
 - (4) 塩ビ管リサイクル品
 - (5) 塩ビ管・継手リサイクル関連法規
 - (6) 塩化ビニル管製造に係る環境影響評価
 - 2.2 農業用塩化ビニルフィルム
 - (1) 農業用塩ビ使用状況
 - (2) 農業用塩ビリサイクルのしくみ
 - (3) 排出量・リサイクル量の推移および状況
 - (4) 農業用塩ビリサイクル品
 - (5) 農業用塩ビリサイクル関連法規
 - 2.3 その他リサイクル事例
 - (1) 電線および電線被覆材リサイクル
 - (2) 床材のリサイクル
- 3. リサイクル技術
- 4. 使用済み塩ビの輸出動向およびバーゼル条約附属書改正の動向
 - 4.1 使用済み塩ビの輸出入動向
 - 4.2 バーゼル条約附属書改正の動向
 - (1) バーゼル条約の附属書改正の背景
 - (2) バーゼル条約の附属書改正のポイント
 - (3) 塩ビ系廃棄物の輸出の取り扱い
- 5. 主要な再生処理施設・業者
 - 5.1 使用済み塩ビ管・継手の受入拠点
 - 5.2 農業用フィルムリサイクル団体・企業

3. ポリスチレン (PS) シーエムシー・リサーチ 調査部

- 1. 生産・需要動向
 - 1.1 生産動向
 - 1.2 需要動向
- 2. リサイクルの現状
 - 2.1 ポリスチレンペーパー (PSP)
 - (1) 出荷状況
 - (2) PSP の特徴 (環境適合性など)
 - (3) PSP リサイクルのしくみ
 - (4) PSP リサイクル量の推移
 - 2.2 発泡スチロール (EPS)
 - (1) 出荷状況と需要内訳
 - (2) EPS の特徴
 - (3) EPS リサイクルのしくみ
 - (4) EPS リサイクル量の推移
 - 2.3 押出發泡ポリスチレン (XPS)
 - (1) 出荷状況と需要内訳
 - (2) XPS の特徴
 - (3) XPS リサイクルのしくみ
 - (4) XPS リサイクル量の推移
 - 2.4 成形材料 (家電・OA製品のリサイクル)
- 3. リサイクル技術
 - 3.1 マテリアルリサイクル
 - 3.2 ケミカルリサイクル
- 4. 使用済みポリスチレンの輸出動向

5. 主要な処理施設・業者

- 5.1 PSPのリサイクル施設・業者
- 5.2 EPSのリサイクル施設・業者

4. ポリオレフィン（ポリエチレン・ポリプロピレン）
シーエムシー・リサーチ 調査部

1. 生産・需要動向

- 1.1 生産出荷動向
- 1.2 需要動向

2. リサイクルの現状

2.1 農業用ポリオレフィンフィルム

- (1) 農業用ポリオレフィンフィルム使用状況
- (2) 農業用ポリオレフィンリサイクルのしくみ
- (3) 排出量・リサイクル量の推移、状況
- (4) リサイクル品
- (5) 農業用ポリオレフィンリサイクル関連法規

2.2 ポリエチレン製ガス管（PE管）のリサイクル

2.3 電線被覆材のリサイクル

2.4 プラスチック通い箱からパレット、パレットからパレットへのリサイクル

(1) 企業動向

2.5 自動車バンパーのリサイクル

2.6 プラスチック容器包装「その他プラスチック」のリサイクル

3. リサイクル技術

4. 使用済みポリエチレンの輸出動向

5. 主要な再生処理施設・業者

5.1 農業用フィルムリサイクル団体・企業

5.2 ビールケース・パレットなどのリサイクル企業

5.3 日本プラスチック有効利用組合加盟企業

5.4 容り法その他プラスチックの落札企業