

添加剤と高度プラスチックリサイクル

Relationship between Additives and Advanced Plastics Recycling

- 「リサイクル技術」と「添加剤・複合材料」のプラスチックのリサイクル知識を包括的に捉える！
- 環境保全と炭素資源確保の両面で不可欠なプラスチックリサイクル！
- 物性安定化・品質向上・添加剤活用など、総合的な研究のきっかけに！
- 素材別のリサイクル実例も掲載！
- マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの推進の助けに！
- さらにプラスチックリサイクルの実用化を目指すための1冊！

<発行要項>

- 発行：2025年11月28日
- 監修：八尾 滋
- 定価：本体(冊子版) 99,000円(税込)
本体+CD(PDF版) 110,000円(税込)
- 体裁：A4判・並製・本文202頁
- ISBN：978-4-910581-71-2

はじめに

環境的な側面だけでなく、炭素資源の安定的な確保という視点からも、プラスチックのリサイクルはこれからの日本においては避けて通れない必須のテーマである。

従来日本においては、燃焼してその排熱を利用するサーマルリサイクルが、主なプラスチックリサイクル手法であり、現時点でも割合的にはほぼ7割を占めている。しかしサーマルリサイクルでは炭素源としての再利用がほぼ不可能であるため、欧州などではリサイクル手法として認知されておらず、マテリアルリサイクルあるいはケミカルリサイクルの推進が求められている。

ケミカルリサイクルは、有機化学あるいは化学工学の知識が有意に活かせるため、大学や化学メーカーにおいて基礎的な研究が30年以上前から取り組まれてきた。しかし、実際の使用済プラスチックへの適用率は、コストなどの課題のため5%程度であり普及はしていないままであった。そのため、実使用済プラスチックを使い、リサイクル率や採算性を考慮した実用化研究は、ごく最近になって取り組まれるようになったと考えられる。基礎研究での試薬レベルの高分子とは異なり、実使用されているプラスチックは、酸化防止剤などの添加剤やタルクなどの充填剤が含まれた複合材料である。さらに使用済プラスチックには接着剤や汚れなどが付着している。これら外的要因の影響を定量的に把握し、どのように解決するかは、今後の本格化を目指した研究では大きな課題である。

一方マテリアルリサイクルは、容器包装リサイクル法などの整備もあり、再生ペレットは自体は生産されていた。しかし、リサイクルに占める割合は20%程度で30年近く停滞をしている状況であった。これは再生ペレットの物性が再使用に適さないレベルまで低下していたこと、またその原因が不可避かつ再生不能な化学劣化とされ、あきらめられていたことにある。しかし2019年に物理劣化・物理再生理論が提唱され、実使用に適用できるまでの物性再生が可能であることが一般的に認識されはじめられた結果、マテリアルリサイクルにも近年急速に研究的関心が高まりつつある。今後は実用化を目指した、再生物性の安定化や品質のさらなる向上が重要である。またそのためには、プロセス開発研究だけでなく、相構造の安定化のための添加剤や物性向上のための複合材料化などの研究が必須と考えられる。

従来ケミカルリサイクルやマテリアルリサイクルに関する専門書と添加剤や複合材料などの専門書は別々に取り扱われてきた経緯があった。しかしプラスチックのリサイクルにはこれらを包括した認識が必要であると思われる、本書はそのような視点で企画された。今後の研究開発テーマなどの立案の一助になれば幸いである。

2025年11月

八尾 滋

福岡大学 名誉教授、広島大学 客員教授

執筆者一覧(執筆順)

八尾 滋 福岡大学 名誉教授、広島大学 客員教授
伊崎 健晴 三井化学株式会社 高分子・複合材料研究所
吉岡 敏明 東北大学大学院環境科学研究科 教授
熊谷 将吾 東北大学大学院環境科学研究科、東北大学大学院工学研究科 准教授
田村 正純 大阪公立大学 大学院工学研究科 物質化学生命系専攻 准教授
後藤 元信 超臨界技術センター株式会社 開発グループ 取締役、
名古屋大学名誉教授
増田 淳 東ソー株式会社 高分子材料研究所フィルム・ラミグループ
主任研究員
石川 慎一 株式会社ADEKA 樹脂添加剤本部 樹脂添加剤開発研究所 所長

井関 康人 三菱電機株式会社 サステナビリティ事業推進部
リサイクル共創センター 資源循環戦略エキスパート
株式会社エフビコ サステナビリティ推進室 チーフマネージャー
若林 大介 株式会社エフビコ サステナビリティ推進室 チーフマネージャー
菊池 康紀 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
玉城 吾郎 リファインバース株式会社 素材ビジネス部 部長
上村 明男 山口大学 名誉教授
宮本 健一 花王株式会社 包装技術研究所
渡邊 賢 東北大学大学院 工学研究科附属超臨界溶媒工学研究センター 教授
喜多川 和典 公益財団法人日本生産性本部 コンサルティング部
エコ・マネジメント・センター長/上智大学大学院

注文書		メルマガ登録	登録済み	登録希望
品名	添加剤と 高度プラスチックリサイクル	価格	本体 : 90,000円(税込99,000円) 本体+CD : 100,000円(税込110,000円) ※メルマガ会員は定価の10%OFF	
会社名		TEL		
部課名		FAX		
お名前		E-mail		
住所	〒			

お申込み・お問合せ
編集発行： (株)シーエムシー・リサーチ 101-0054 東京都千代田区神田錦町2-7 東和錦町ビル3F TEL: 03 (3293) 7053 FAX: 03 (3291) 5789 URL: https://cmcre.com E-mail: order_7053@cmcre.com

第I編 基礎原理

第1章 マテリアルリサイクルについて

八尾 滋

- 1 はじめに～なぜプラスチックのリサイクルが必要なのか～
 - 2 各種リサイクル手法と日本での研究動向
 - 3 リサイクル研究の推移
 - 4 現状のマテリアルリサイクルと最新のマテリアルリサイクル技術
 - 5 マテリアルリサイクルと添加剤
- 参考文献

第1節 物理劣化・物理再生理論によるマテリアルリサイクル

八尾 滋

- 1 はじめに
 - 2 物理劣化・物理再生理論
 - 3 成形プロセスへの展開と環境配慮設計
 - 4 これからのマテリアルリサイクルと各種添加剤
- 参考文献

第2節 メカニカルリサイクルの技術動向

伊崎健晴

- 1 はじめに
 - 2 リサイクルプラスチックの課題
 - 3 プラスチックリサイクルのプロセス
 - 3.1 比重選別法
 - 3.2 光学選別法
 - 3.3 造粒装置
 - 3.4 タンデム押出機
 - 3.5 異物除去
 - 3.6 臭い成分除去（注水脱気機構）
 - 4 プラスチックの物性低下を改善する研究
 - 5 リサイクルと成形加工プロセス
 - 6 プラスチック材料技術
 - 6.1 添加剤
 - 6.2 相溶化材
 - 7 リサイクルプラスチックの流動性を調整する取り組み
 - 7.1 粘度均一化制御
 - 7.2 インライン粘度計
 - 7.3 制御理論
 - 8 おわりに
- 参考文献

第2章 プラスチックのケミカルリサイクル

吉岡敏明

- 1 はじめに
 - 2 ケミカルリサイクルの概念と分類
 - 3 日本における開発史
 - 4 各技術の詳細
 - 4.1 油化（熱分解）
 - 4.2 ガス化
 - 4.3 モノマー化（加水・酵素分解を含む）
 - 5 海外動向と企業連携
 - 6 認証制度の動向
 - 7 まとめと展望
- 参考文献

第1節 プラスチックの熱分解

熊谷将吾, 吉岡敏明

- 1 はじめに
 - 2 プラスチックの熱分解の基礎
 - 3 熱分解法による PET の熱分解油化
 - 4 おわりに
- 謝辞
参考文献

第2節 触媒的ケミカルリサイクル技術の動向

田村正純

- 1 はじめに
- 2 ポリエステル系プラスチックの触媒的分解技

術

- 3 ポリオレフィン系プラスチックの触媒的分解技術
 - 3.1 触媒的熱分解技術
 - 3.2 触媒的水素化分解技術
 - 4 その他プラスチックの触媒的変換技術
 - 5 最後に
- 参考文献

第3節 ケミカルリサイクル 超臨界流体

後藤元信

- 1 はじめに
 - 2 超臨界流体の特性
 - 3 縮重合系プラスチック
 - 4 ポリイミド
 - 5 繊維強化プラスチック
- 参考文献

第3章 各種添加剤とその機能

第1節 EVA 改質剤による複合プラスチックリサイクル

増田 淳

- 1 はじめに
 - 2 複合プラスチックのマテリアルリサイクルにおける課題
 - 3 複合プラスチックリサイクルに向けた改質剤
 - 3.1 従来技術とその課題
 - 3.2 EVA 系改質剤
 - 4 EVA 系改質剤を用いた複合プラスチックリサイクルの事例
 - 4.1 メルセン-S の性能
 - 4.2 フィルムへのリサイクル
 - 4.3 実用化に向けた取り組み
 - 5 おわりに
- 参考文献

第2節 最新のリサイクル技術と求められる添加剤

石川慎一

- 1 はじめに
 - 2 高分子リサイクルについて
 - 2.1 リサイクルの種類
 - 2.2 マテリアルリサイクルの課題
 - 3 マテリアルリサイクルに効果を発揮する添加剤
 - 3.1 高分子の酸化劣化と酸化防止剤の役割
 - 3.2 酸化防止剤
 - 3.3 核剤
 - 3.4 光安定剤
 - 3.5 その他の添加剤
 - 4 マテリアルリサイクルを促進する添加剤の開発
 - 4.1 リサイクル高分子の分析
 - 4.2 「アデカシクロエイド UPR」シリーズの概要
 - 4.3 アデカシクロエイド UPR シリーズの性能
 - ・アデカシクロエイド UPR-001
 - ・アデカシクロエイド UPR-011
 - ・アデカシクロエイド UPR-021
 - ・端材リサイクル向け添加剤パッケージ
 - 5 今後の展望
- 参考文献

第II編

各素材ごとのリサイクル技術と添加剤

第1章 PE, PP

第1節 家電プラスチック（PP・PS・ABS）の水平リサイクル技術

井関康人

- 1 はじめに
- 2 高度選別技術
 - 2.1 微破碎混合プラスチック
 - 2.2 高度選別全体フロー
 - 2.3 湿式比重選別

2.4 静電選別

- (1) 静電選別の原理
- (2) 静電選別の特長
- (3) 選別条件の最適化

2.5X 線選別

- (1) 臭素系難燃剤含有プラスチック除去
- (2) ガラス繊維含有プラスチックの除去

2.6 高度選別量産プラント

3 選別における品質管理

- 3.1 選別純度
- 3.2 改正 RoHS への適合検査

4 材料化技術

- 4.1 水平リサイクルの課題
- 4.2 微少異物除去による物性改善
- 4.3 長期耐熱性の向上
- 4.4 色彩選別による白色系部品への適用展開

5 製品適用技術

- 5.1 シボ金型による意匠性改善

6 おわりに

参考文献

第2章 PS

第1節 「トレイ to トレー」&「ボトル to 透明容器」のリサイクル～エフピコ方式で循環型社会に向けて～

若林大介

- 1 はじめに 食品トレイについて
- 2 リサイクルのきっかけは企業防衛
- 3 エフピコ方式のリサイクル
 - 3.1 回収方法
 - 3.2 再生原料工程
 - 3.3 再商品化
- 4 透明容器及びペットボトルのリサイクル
 - 4.1 透明容器のリサイクル
 - 4.2 ボトル to 透明容器エコ APET, エコ OPET の展開
- 5 エコトレイ・エコ APET の環境影響評価
- 6 「ストア to ストア」
- 7 環境目標と今後
- 8 おわりに

第3章 PMMA

第1節 PMMA リサイクルシステムに関するライフサイクル評価

菊池康紀

- 1 ポリメタクリル酸メチル（PMMA : Poly (Methyl Methacrylate)）の概要
 - 1.1 樹脂としての機能、製造法、統計情報
 - 1.2 PMMA リサイクルにおける論点とライフサイクル思考
 - 2 MMA モノマーリサイクルの技術評価
 - 2.1 プロセス概要
 - 2.2 ライフサイクルアセスメント（LCA : Life Cycle Assessment）
 - 2.2.1 LCA 概要
 - 2.2.2 設定条件
 - 2.2.3 LCA 結果
 - 2.3 マテリアルフロー分析（MFA : Material Flow Analysis）
 - 2.3.1 MFA の必要性と概要
 - 2.3.2 動的特性の解析
 - 2.3.3 結果
 - 3 MMA モノマーリサイクルシステムに関する考察
- 参考文献

第4章 ポリアミド

第1節 廃漁網およびエアバッグ基布由来再生ナイロン樹脂のリサイクル技術と添加剤活用可能性

玉城吾郎

- 1 はじめに
- 2 再生ナイロン「リアミド」の概要

2.1 原料

- 2.1.1 廃漁網
- 2.1.2 エアバッグ

2.2 リサイクル工程 1 前処理

- 2.2.1 廃漁網
- 2.2.2 エアバッグ

2.3 リサイクル工程 2 リペレット

2.4 コンパウンド

2.5 用途例

3 再生ナイロンへの添加剤活用の実績と展望

- 3.1 流動性改良剤
- 3.2 耐候剤 酸化防止剤／紫外線吸収剤
- 3.3 表面滑剤、離型剤
- 3.4 リペレット加工助剤
- 3.5 靱性改良剤
- 3.6 その他改質剤

4 おわりに

参考文献

第2節 ポリアミドの解重合反応 上村明男

- 1 ポリアミドの解重合の背景
- 2 超臨界第二級アルコールなどを用いたポリアミドの解重合
- 3 イオン液体を用いたポリアミドの解重合
- 4 超臨界メタノールを用いたポリアミドの解重合
- 5 まとめ

謝辞

参考文献

第5章 積層フィルム・パウチ

第1節 包装容器の減量・水平リサイクル

宮本健一

- 1 はじめに
 - 2 プラスチック包装容器
 - 3 つめかえパウチ
 - 4 つめかえパウチのリサイクル
 - 4.1 リサイクル技術の開発
 - 4.1.1 異物分離技術
 - 4.1.2 異物無効化技術
 - 4.1.3 再生樹脂ペレットとフィルムの量産化
 - 4.1.4 容器設計
 - 4.2 製品化
 - 5 おわりに
- 参考文献

第2節

高温高圧水中プラスチック分解の押出連続装置

渡邊 賢

- 1 高温高圧水
 - 1.1 物性
 - 1.2 高温高圧水中でのポリエチレンテレフタレート加水分解
- 2 ポリエチレンテレフタレート (PET) 加水分解の基礎検討
 - 2.1 無触媒高温高圧水中加水分解
 - 2.2 塩基触媒
- 3 ポリエチレンテレフタレート (PET) 加水分解の連続装置による検討
 - 3.1 無触媒高温高圧水を用いた PET 連続押出機プロセス
 - 3.2 無触媒高温高圧水を用いた PET/PE 複合プラスチックのハイブリッド・リサイクル連続押出機プロセス
 - 3.3 塩基触媒を用いた連続押出機プロセス

謝辞

参考文献

第Ⅲ編 企業動向

第1章 欧州での製品製造における再生プラスチック含有義務に関わる法制化と対応の動向

喜多川和典

- 1 はじめに
 - 2 EUにおけるプラスチック戦略
 - 3 第2次 CE 行動計画を機に再生プラスチック含有義務が法制化のトレンドに
 - 4 再生プラスチックの原材料に関する検討
 - 5 新しい使用済み自動車規則法案におけるプラスチックの循環利用に関する欧州委員会の考え方
 - 6 EU 理事会から提出された修正案
 - 7 欧州議会からの提出された修正案
 - 8 欧州自動車メーカーにおける再生材利用状況
 - 9 ELV 由来のクロズドループの再生プラスチックを増産するための廃棄物管理の条件
 - 10 再生プラスチックのサプライチェーン管理の問題・課題
 - 11 欧州における再生プラスチック供給のためのデジタルインフラ
 - 12 おわりに
- 参考文献