

東京都事業系廃棄物 3 R ルート多様化に向けたモデル事業

革新的 IoT 型 DX 管理による
資源循環の見える化促進事業

報告書

令和4年3月11日

株式会社ダイナックス都市環境研究所

はじめに

本事業では、「資源循環トレース高度化の可能性調査」と「廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査」の2つの事業を実施した。

- ・資源循環トレース高度化の可能性調査は、「廃棄物（資源）のRFID 個体管理」と「ブロックチェーンによる廃棄物（資源）の追跡管理」、「資源循環の実態把握（DX）による定型書類作成支援」の3つの事業を「エチカ表参道（東京メトロ表参道駅に位置する駅ナカ商業施設）」の協力を得て実証事業を実施し、評価を行った。
- ・「廃棄物（資源）のRFID 個体管理」では、複数の事業所から排出されたRFID タグ貼付のごみ袋から事業者名やごみの種類等の情報を非接触で一括読取り、インターネットを通じて既開発の「デジタル資源循環」情報と連携した。データの読取り方法等課題はあったものの高い読取り精度実現し、効率的な収集作業の実施を確認した。
- ・「ブロックチェーンによる廃棄物（資源）の追跡管理」では、ブロックチェーンの仕組みを使い収集運搬、中間処理、再生までを追跡管理する仕組みを検討した。その結果、収集運搬・処理・再生の流れをビジュアル化して表示することを実証した。
- ・また、「資源循環の実態把握（DX）による定型書類作成支援」では、品目ごと排出量等のデータを排出事業者フィードバックするシステムを開発した。このシステムでは廃棄物の排出状況・リサイクル状況が自動的に集計され、再利用計画書（自治体提出義務書類）作成業務の効率化が期待できるものとなった。
- ・一連の事業を実施した廃棄物（資源）の見える化について、当初、本事業に参加した各テナントのニーズは必ずしも高くはなかったが、これら技術を活用した取組に関与することで、その利便性を実感し、認識してもらうことができた。今後、環境意識の向上及び業務改善への取組の活発化に伴い、本事業で実施した廃棄物（資源）の見える化への取組の必要性は高まっていくと思われる。
- ・「廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査」は、中小オフィスビルや商業施設から排出される廃プラスチックの有効利用（脱焼却）を図る方策として循環型ケミカルリサイクルに着目し、各方式の開発状況や特徴を調査とヒアリングで整理するとともに、既存のリサイクル手法も含めた循環型リサイクルに適した前処理の在り方について考察した。さらに、実際に排出された都内事業者の廃プラス

チックについて、中間処理後のものを使って油化実験を行い、ナフサ相当油を製造できたことを確認した。また、様々な組成からなる廃プラスチックをケミカルリサイクルする場合の処理設備の在り方について考察した。

目 次

本編

1	事業の概要	1
1-1	事業の目的	1
1-2	事業の全体フロー	3
1-3	期待される効果	4
1-4	本事業の実施体制	5
1-5	本事業の実施スケジュール	6
2	事業の実施	7
2-1	資源循環トレース高度化可能性調査	7
2-1-1	廃棄物（資源）のRFID（Radio Frequency Identification Device）個体管理	7
(1)	背景と目的	7
(2)	実施方法	8
(3)	実施結果	11
(4)	考察と課題	16
2-1-2	ブロックチェーン（BC）による廃棄物（資源）の追跡管理	17
(1)	背景と目的	17
(2)	実施方法	19
(3)	実施結果	20
(4)	考察と課題	26
2-1-3	資源循環の実態把握 （DXによる定型書類作成支援(RPA: Robotic Process Automation)）	29
(1)	背景と目的	29
(2)	実施方法	30
(3)	実施結果	31
(4)	考察と課題	33
2-2	廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査	34
2-2-1	循環型ケミカルリサイクルの公開情報調査	34
(1)	背景と目的	34
(2)	実施方法	35
(3)	プラスチックリサイクルを取り巻く動向の把握（実施結果）	37
(4)	事業系廃プラスチックの処理施設での受入要求水準の把握： 事業系廃プラスチックのケミカルリサイクルプラントの開発状況の調査	48

(5) 考察と課題	53
2-2-2 原料供給のための中間処理のあり方の考察	56
(1) 背景と目的	56
(2) 実施方法	58
(3) 実施結果	62
(4) 考察と課題	65
3 今後の展望	68
3-1 資源循環トレース高度化可能性調査	68
3-2 廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査	68
3-3 本事業を実施したことの意義	68
資料編	
資料Ⅰ エチカ表参道ヒアリング結果	資- 1
資料Ⅱ RFID 個体管理実証事業の視察（エチカ表参道）	資- 5
資料Ⅲ ケミカルリサイクル事業実施企業に対する調査結果	資- 6
資料Ⅳ 関係者会議の開催	資-24

1 事業の概要

1-1 事業の目的

今日の社会において、リサイクル・廃棄物処理システムを社会基盤として維持・発展させ、「持続可能な資源利用」を実現するためには、従来の取組を単に反復するだけでなく、新たなビジョンの下で、資源ロスの削減や廃棄物の循環利用に係る先駆的な施策を導入することが喫緊の課題となっている。

東京都においても、オフィスや商業施設から排出される廃棄物・循環資源について、最新技術の活用により、処理プロセスや業務プロセスを効率化・高度化するとともに、3Rの低炭素化、高度化に資する事業の展開が求められている。

これからの少子高齢・人口減少社会の到来により生産年齢人口が減少し、廃棄物処理・資源循環の分野でも人手不足が生じることが想定される。本事業では、最新の IT 技術を使って業務をデジタル管理化することで、人手不足の解消に加えて廃棄物・循環資源の処理フローにおけるトレーサビリティやその結果のとりまとめ等の業務の効率化、高度化の検討を行った。また、オフィスや商業施設から排出される廃プラスチックについて、有効利用（脱焼却）を図るための循環型社会時代に適したリサイクル・処理の方策を検討した。

今回の事業は、「資源循環トレース高度化の可能性調査」（主）と、「廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査」（副）とからなる。それぞれの事業の目的・位置づけを以下に示す。

○「資源循環トレース高度化の可能性調査」事業の目的・位置づけ

昨今の廃棄物・資源の収集運搬事業においては、排出事業者、収集運搬業者、中間処理業者／資源再生事業者は、以下に述べるように、各々で異なるニーズを有している。

排出事業者にとっては、法令・CSR・コンプライアンスを遵守することが至上命題である。廃棄物・資源の取り扱いにおいても、廃棄物の発生抑制と資源化、廃棄物の適正処理が要求されている。このため、廃棄物・資源の種類と量、処理/処分や資源化の状況を把握したいという要求がある。

収集運搬業者にとっては、少子高齢化による人手不足の問題（特にドライバー）を解決することと、より正確かつ効率的な高いレベルでの収集運搬を確立することが課題となっている。このため、排出事業者ごとの廃棄物・資源の排出量・保管量を事前に把握することにより、収集・回収時の無駄を回避することが必要とされている。

中間処理業者／資源再生事業者にとっては、施設の稼働率や廃棄物・資源の保管率に合わせて搬入量をコントロールする必要がある。このため、収集運搬業者が持ち込む廃棄物・資源の種類・量の情報を的確に把握することが必要不可欠である。

上記で述べた排出事業者、収集運搬業者、中間処理業者／資源再生事業者のニーズを満たす手段として、廃棄物・資源の収集運搬事業をデジタル管理することが有効である。本

事業においては、RFID システムと、ブロックチェーン（BC）、並びに、RPA（RPA: Robotic Process Automation）を導入することによる新しいシステムの実現の可能性について検討することを目的とした。

表 1-1-1 廃棄物・資源の収集運搬事業における、排出事業者、収集運搬業者、中間処理業者
各主体のニーズ

	排出事業者	収集運搬業者	中間処理業者／資源再生事業者
ニーズ	・事業所が排出している廃棄物・資源の種類と量の把握 ・排出した廃棄物・資源の処理/処分や資源化の状況の把握	・排出事業者ごとの廃棄物・資源の排出量・保管量の事前把握、これによる、収集・回収時の無駄の回避	・収集運搬業者が持ち込む廃棄物・資源の種類・量の事前把握
ニーズを満たすことで得られる便益	・環境負荷の低減・廃棄物の削減・資源化の促進等の目標に関する法令・CSR・コンプライアンスの遵守の達成、その成果の公開（環境レポート、WEB サイト等）	・最適なタイミングでの収集・回収の実現、収集車両の走行距離の減少による収集運搬の効率化・消費燃料の低減	・中間処理／再資源化施設の適正な処理・資源化の実現、施設の効率化
ニーズを実現する手段	廃棄物・資源の収集運搬事業のデジタル管理化： RFID システム：廃棄物・資源の個体管理、業務の効率化 ブロックチェーン（BC）：廃棄物・資源の処理フローの見える化 RPA：実態把握による書類作成支援		

○「プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査」の目的・位置づけ

「2050・カーボンニュートラル」の実現に向けて都は「ゼロエミッション東京戦略」にて 2030 年に「使い捨てプラ削減や循環利用促進の取組により家庭と大規模オフィスから排出される廃プラスチック焼却量を 40%削減」を目標に掲げている。本事業では、大規模オフィスだけではなく中小オフィスビルや商業施設から排出される廃プラスチックの有効利用（脱焼却）を図る方策として循環型ケミカルリサイクルに着目した。循環型ケミカルリサイクルは事業系廃棄物に実際に適用された例は一部の量に限られているものの、現在、複数の方式の開発が進められている。そこで、本調査では、各方式の開発状況や特徴を調査とヒアリングで整理するとともに、既存のリサイクル手法も含めた循環型リサイクルに適した前処理の在り方について考察した。

1-2 事業の全体フロー

「資源循環トレース高度化の可能性調査」は、廃棄物資源全般を対象とした事業であり、収集から中間処理までの一連の流れについてトレースを検討する事業である。一方、「廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査」は、廃プラスチックを対象とした事業であり、商業運転をしているケミカルリサイクル施設は一部にとどまるものの、今後稼働を予定している事業が複数あるなど、各社の事業を総合的に鑑みる必要があり、前者の事業とは、今回は分けて実施した。

資源循環トレース高度化の可能性調査は、「廃棄物（資源）の RFID 個体管理」と「ブロックチェーンによる廃棄物（資源）の追跡管理」、「資源循環の実態把握（DX）による定型書類作成支援」の 3 つの事業を「エチカ表参道（東京メトロ表参道駅に位置する駅ナカ商業施設）」の協力を得て実証事業を実施し、評価を行った。

また、「廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクル可能性調査」では、ケミカルリサイクルの手法の調査を実施し、中間処理後の廃プラスチックのサンプル試験を行い、廃プラスチックのリサイクルに向けた各主体のあり方の提言を行った。

このように 2 つの事業は分けて実施したが、両事業を合わせて検討することが、「2050・カーボンニュートラル」を実現させるために不可欠であり、事業系の廃棄物（資源）について、IoT 技術を駆使して排出から再生利用までの資源循環の見える化の実装においては、循環型ケミカルリサイクルも含まれることであるため、システムとしては全体設計を行うことを主眼とした。図 1-2-1 に業務の全体フローを示す。

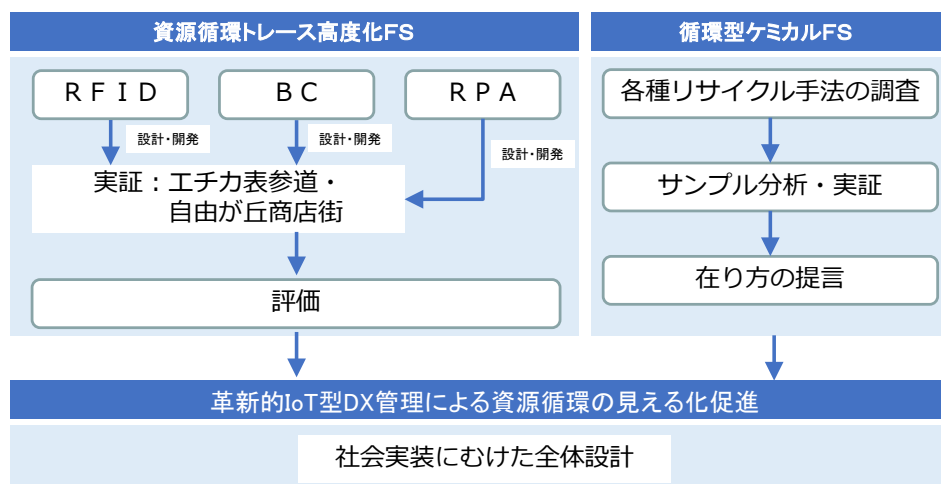


図 1-2-1 事業の全体フロー

1-3 期待される効果

本事業の実施により、下記の表 1-3-1 に示す効果が期待できる。

表 1-3-1 期待される効果

調査	取組み	課題	ねらい	期待効果
資源循環トレース高度化の可能性調査	1 廃棄物（資源）の RFID 固体管理	各排出者と排出量の特定が困難で、人手による管理に手間がかかる	廃棄物（資源）を発生段階でデジタル化⇒見える化・トレース	対象の特定と情報入力の手間をなくし、数値管理を実現
	2 ブロックチェーンによる廃棄物（資源）の追跡管理	1 次・2 次マニフェストの分離管理では廃棄物・有価物の排出～再生の流れの把握が煩雑である	廃棄物・資源の両情報の流れを管理する（資源循環の見える化）	見える化による排出者インセンティブ（＝低炭素への共感）
	3 資源循環の実態把握(DX)による定型書類作成支援(RPA)	小規模事業には義務がなく作成業務も煩雑	処理状況の自動生成	排出者・行政からの見える化の充実と政策への反映
プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査		脱焼却移行戦略の検討が必要	循環型ケミカル方式の全体像を把握	循環利用の基礎情報の整理・評価、一定の品質を担保する処理のあり方の検討

東京都による「廃プラスチック処理状況に関する調査 2021.7.1」では、排出、収集運搬、中間処理、リサイクルにかかわる様々な課題と解決方向が示されている。本事業は、これらの一助になるものと考えられる。

1-4 本事業の実施体制

実施体制と役割分担を図 1-4-1 に示す。

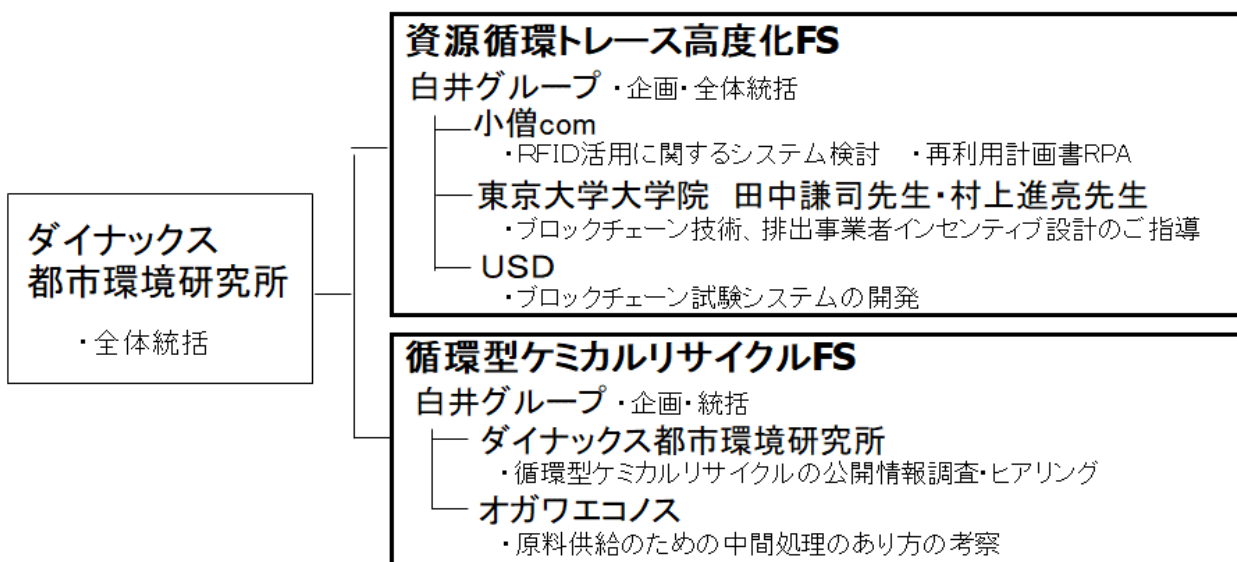


図 1-4-1 本事業の実施体制

1-5 本事業の実施スケジュール

本事業の実施スケジュールを表 1-5-1 に示す。

表 1-5-1 本事業の実施スケジュール

大分類	内容	担当	10月	11月			12月			1月			2月			3月		
			下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
1. RFID	1.1 RFIDを活用した収集フローの検討	白井グループ																
	1.2 RFIDを活用した収集実証の実行	白井グループ																
	1.3 結果のまとめ・課題とその対応策	白井+小僧																
2. BC	2.1ブロックチェーンシステムの設計検討	白井グループ																
	2.2ブロックチェーンシステムの開発	USD																
	2.3 実行サイトでの実証	白井グループ																
	2.4 結果のまとめ・課題と対応策	白井+USD																
3. RPA	3.1 処理実績自動作成手法および課題検討	白井グループ																
	3.2 自動作成システムの構築	小僧com																
	3.3 モデル区での作成・評価	白井+小僧																
	3.4 結果のまとめ・課題と対応策	白井+小僧																
4. ケミカル	4.1 循環型の公開情報調査・評価	ダイナックス																
	4.2 代表的ケミカル事業者のヒアリング	ダイナックス																
	4.3 前処理や品質調整の在り方の考察・提言	オガワエコノス																
	4.4 サンプル試験	オガワエコノス																
5. 報告書作成	-	ダイナックス																
会議など	定例	東京都・ダイナックス・白井+α																
	関係者会議・実証事業視察	東京都・ダイナックス・白井+α																
	実証協力先への働きかけと評価の結果	白井・メトロプロパティーズ																

2. 事業の実施

2-1 資源循環トレース高度化可能性調査

2-1-1 廃棄物（資源）の RFID（Radio Frequency Identification Device）個体管理

（1）背景と目的

○見える化のシナリオ

RFID システムは、RFID タグ情報を電磁波装置を介して読み取る、近距離無線技術を用いたシステムである。RFID タグは、近年、安価になり衣料品小売店などでも使われている。バーコードのように一つずつ近接せず、複数データを一括で読み取れる。

RFID システムを活用して廃棄物（資源）の見える化を図 2-1-1-1 のように行う。RFID タグにより廃棄物（資源）単体の情報（排出者・品目・容量等）を把握し、それをインターネットを介して既存データベースと繋げることで IoT 型の個別管理を行う。



図 2-1-1-1 廃棄物の見える化のシナリオ

○実施内容

本事業では、排出者・品目・容量等の情報を付与した RFID タグ付ごみ袋を事前配布（または排出時に貼付）し、本事業の連携実施者である白井グループが開発した受付契約一貫処理システム「デジタル資源循環」と情報連携してデータ把握を行う（図 2-1-1-2）。顧客情報はデジタル資源循環で登録されており、RFID 情報から、排出者と廃棄物の情報を紐づけできる。

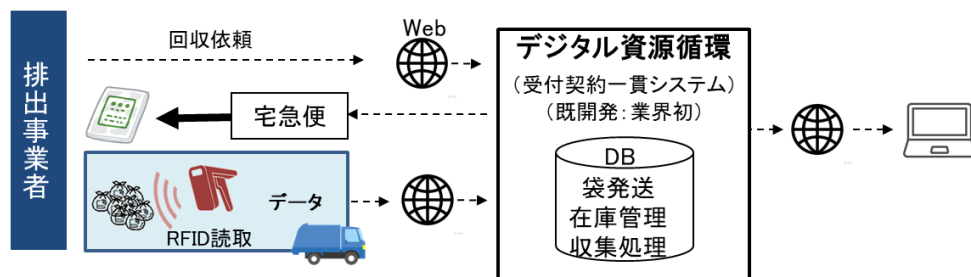


図 2-1-1-2 RFID 個体管理

(2) 実施方法

1) システム設計・構築

RFID への書き込み情報の設計、リーダーとの連携アプリの開発、並びに、システム間連携の開発を実施した。

2) 実証

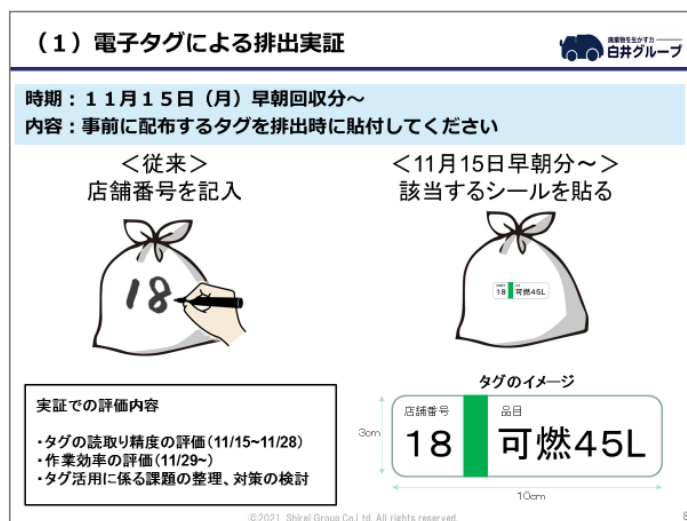
実証場所として当初予定していたエチカ表参道に加え、自由が丘商店街の2サイトの各テナントに RFID タグ貼付のごみ袋を事前に配布（または排出時に貼付）し、RFID 読み取りシステムによりテナント毎、品目、容量毎カウントを実施した。エチカ表参道は可燃ごみと不燃ごみ（いずれも廃棄物）、自由が丘商店街は PET ボトル（有価物）のみとした。

○エチカ表参道

エチカ表参道では、実行前の 10/20 に管理会社である㈱メトロプロパティーズのご協力のもと、テナント各社への説明会を実施するとともに、ポスター（図 2-1-1-3）を配布して理解を求めた。25 件あるテナントごとに各テナント情報（テナント・品目・容量）が書き込まれた品目別（可燃、不燃）のごみ袋に貼付する RFID タグを予め配布した。



掲示ポスター



テナント向けの説明資料（抜粋）

図 2-1-1-3 掲載ポスター(各店舗従業員周知用に作成)及び説明資料（抜粋）

11/15 回収分からテナント従業員による貼付を開始した。排出時にテナントに RFID タグを貼付してもらい、回収時には作業員の腰に装着した RFID 読み取りシステムにより、複数のごみ袋を一括してカウントした（図 2-1-1-4 及び図 2-1-1-5 参照）。読み取り精度を検証するため、従来から実施している搬出作業員の目視によりカウントしておき、リーダーによる読み取り数を比較した。搬出作業員により把握できた不具合（貼り忘れ）などは別途集計した。

対象品目・実施日・対象店舗

対象品目	可燃ごみ、不燃ごみ
実施日	令和3年11月15日（金）～
対象店舗	25店舗



図 2-1-1-4 エチカ表参道における RFID 個体管理実証事業

RFID タグは、店舗ごとに袋の購入状況に応じて、事前に配布した。タグの種類は可燃ごみ用と不燃ごみ用の2種類で、段ボールや粗大ごみは対象外とした。



図 2-1-1-5 エチカ表参道における RFID タグ（可燃ごみ用と不燃ごみ用）

RFID タグは、テナント毎にそれぞれ異なる種類と枚数のものを配布した。初回時点の配布枚数は表 2-1-1-1 の通りである。初回配布後も、在庫が少なくなった旨のテナントからの連絡を受け、随時補充（配送）した。

表 2-1-1-1 エチカ表参道の RFID タグの配布枚数（初回）

店舗番号	店舗名	可燃ごみ			不燃ごみ		
		4 5 L	7 0 L	9 0 L	4 5 L	7 0 L	9 0 L
1	Soup Stock Tokyo Café		430		280		
2	マルシェ ドゥ メトロ		700			410	
3	クイジーン・ハピッツ エチカ表参道	80	30		70		
4	エッグセレント エチカ表参道店	50					
5	Petit Salon de VENICE 〜ヴェニス商人〜 表参道店	20			20		
6	AMPHI Echika表参道店	30			20		
7	Re・Ra・Ku Echika表参道店	10					
8	アトリエはるか エチカ表参道店	20			30		
9	THE STATION STORE UNITED ARROWS LTD. エチカ表参道店	40			80		
10	ラブラリー バイ フェイラー Echika 表参道店	60	30		60	30	
11	f r i v o l e エチカ表参道店		40			70	
12	MS・Style 表参道店	90	150			80	
13	OMO KINOKUNIYA	790			290		
14	BAGLE & BAGLE	280			70		
15	デリフランス表参道	190	190	400		130	330
16	おしゃれ工房 Echika表参道店	10			10		
17	ミスターミニット エチカ表参道店	10			30		
18	DEAN AND DELUCA Echika表参道店	170	220		150	130	
19	洋菓子のヒロタ エチカ表参道店	120			50		

次に、RFID リーダーを使うことによる作業時間の短縮効果を検証するため、事前（11/15～2/13）に従来方法での作業所要時間を曜日別に計測し、平均の作業所要時間を算定した。作業所要時間とは、廃棄物保管庫内でのテナント・品目・容量・個数ごとのカウント、および、各廃棄物保管庫間の移動、収集車両までの搬出作業を含む。実験期間の2/14～2/20 では、各曜日1回、搬出作業員による通常作業時間と、RFID システムによりカウントした作業所要時間とを比較した。

＜RFID リーダーを使うことによる時間短縮効果の測定方法（エチカ表参道）＞

- ・通常作業（従来通り、搬出作業員による袋カウントを行うやり方）の所要時間の測定
※11/15～2/13 に測定した平均値
- ・カウントなし作業（搬出作業員による袋カウントを行わず）の所要時間の測定
※2/14～2/20 の各曜日1回測定
- ・上記2つの方法での所要時間の差分をとり、時間短縮効果を算定

○自由が丘商店街

自由が丘商店街では、実行前にポスター（図 2-1-1-6）を配布して理解・協力を求めた。図 2-1-1-7 に示すように、結果的に協力的な 11 店舗に対して個別に説明を実施した。同図に示すように、各店舗では予め RFID を貼付したペットボトル専用袋（黄色にして他と識別できるようにした）を配布し、その袋を指定日（1/13、1/20、1/27 の計 3 回）に排出してもらった。排出状態、RFID 貼付状態、タグの読取は同図下の写真に示すとおりである。

ドライバーによるカウント記録と RFID 読み取りによるカウントが問題なく読み取れるかについて比較した。

これらを実施し、RFID の読取り精度の評価や収集作業、事務処理手続きの効率化評価、導入に向けた、排出事業者、収集業者、システム上の課題・対策を検討した。

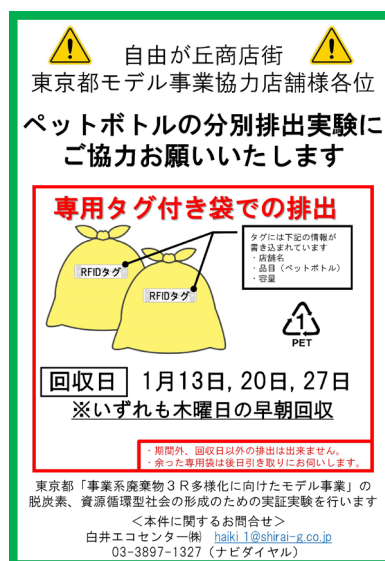


図 2-1-1-6 掲載ポスター
(各店舗従業員周知用に作成)

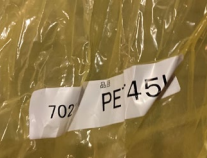
対象品目・実施日・対象店舗		袋と電子タグのイメージ	
対象品目	ペットボトル	 あらかじめ袋にタグを貼り付けて配布します ※タグには店舗・品目・容量の情報が書き込まれている	
実施日	令和4年1月13日（木）～1月27日（木） （毎週木曜日早朝に回収）		
対象店舗	11 店舗		
 袋の排出（RFID タグ貼付済）		 タグを予め貼付した袋（黄色）	 タグの読み取り

図 2-1-1-7 自由が丘商店街における RFID 個体管理実証事業

（３）実施結果

1) RFID タグの読み取りの精度（エチカ表参道、自由が丘商店街）

実証期間中における RFID タグの読み取りの精度について、エチカ表参道、自由が丘商店街のそれぞれで検証を行った。

○読み取り精度の検証の留意点

- ・ RFID リーダーによるカウントと、人によるカウントとを比較して、両者の精度を測定した。
- ・ ごみ・資源をホッパーに積み込んでから読み取ると、正確にカウントされないことがあ

った。この対策として、作業中は RFID リーダーを作動させ続けることで精度を向上することができた（全量が読み取り）。

- ・一部で通信エラーにより実績数量の不良が生じた。
- ・エチカ表参道は可燃ごみ・不燃ごみを対象 25 店舗（の一部）から実証期間中は毎日収集したのに対し、自由が丘商店街はペットボトルを対象 11 店舗（の一部）から合計 3 回収した。このため、両者の排出数には大きな差がある。具体的には、両者の排出数は、読み取り精度の検証時には、エチカ表参道が 1/17～2/28 の間に 1180 だったのに対し、自由が丘商店街は 1/13、1/20、1/27 の間に 21 のみであった。なお、対象物もエチカ表参道が可燃ごみと不燃ごみなのにに対して自由が丘商店街ではペットボトル（資源）であり、両者の読み取り精度を単純に直接比較することはできない。

○検証結果

上記を踏まえた上で、読み取り精度の検証時には、エチカ表参道では全体で 91.8%、自由が丘商店街では 100%の読み取り精度であった（表 2-1-1-2 参照）。

表 2-1-1-2 RFID タグの読取率（エチカ表参道及び自由が丘商店街）

(a)エチカ表参道（1/17～2/28） ※システム改修後

可燃ごみ			不燃ごみ			合計		
排出数	読取数	読取率	排出数	読取数	読取率	排出数	読取数	読取率
1180	1050	89.0%	667	646	96.9%	1847	1696	91.8%

(b)自由が丘商店街（1/13,20,27）

ペットボトル		
排出数	読取数	読取率
21	21	100.0%

○課題

エチカ表参道の実証においては、不燃ごみは 96.9%だったものの、可燃ごみの読取率は 89.0%とやや低かった。作業者による読取方法に差があることがわかり、今後は、作業マニュアルの見直しと徹底により、RFID リーダーの認識率の向上を図る。

一方、自由が丘商店街では読取率は 100%であった。予め貼付していたので精度が高かったものと考えられるが、検証時の排出数が僅かに 21 だったため、今後は数を増やした検証が必要である。

○参考：自由が丘商店街における読み取り数と精度

今回の実験回収において、全て正確に読取ることができた（表 2-1-1-3 参照）。

表 2-1-1-3 読み取り数と精度の詳細（自由が丘商店街）

[排出量・読み取り数：袋]

	店名/屋号	扱い品	排出場所	1月13日			1月20日			1月27日		
				排出数	読取数	読取率	排出数	読取数	読取率	排出数	読取数	読取率
1	玉川精米店	精米店	店舗前	1	1	100%	1	1	100%	1	1	100%
2	稲毛屋	精肉店	店舗前	3	3	100%	3	3	100%	2	2	100%
3	オクズミビル	貸ビル業	ビルゴミ庫	1	1	100%	1	1	100%	0	0	
4	比護工務店	工務店	店舗前	1	1	100%	1	1	100%	0	0	
5	サロンド・ジュエリー 秀宝	宝石・貴金属	店舗前	0	0		1	1	100%	1	1	100%
6	きらぼし銀行 自由が丘支店	銀行	ゴミ置場	0	0		0	0		0	0	
7	謝達紅（木曜日定休日）	中華料理	店舗前	1	1	100%	1	1	100%	0	0	
8	資生堂ハ・ラ-自由が丘店	飲食店	店舗前	1	1	100%	0	0		0	0	
9	キクモトビル	ビル管理	店舗前	1	1	100%	1	1	100%	1	1	100%
10	ひかり街		ビルゴミ庫	0	0		1	1	100%	0	0	
11	自由ヶ丘マスト	ビル管理	ビルゴミ庫	1	1	100%	1	1	100%	1	1	100%



2) 電子タグの貼り忘れ、貼り間違いについて（エチカ表参道）

実証期間中における RFID タグの貼り忘れ、貼り間違いについて、エチカ表参道での総量を集計した。

○集計結果（表 2-1-1-4 参照）

- ・集計期間：11/15～1/13（59 日間）
- ・収集総数 1,786 袋、貼り忘れ 24 袋（1.34%）、貼り違い 8 袋（0.45%）、貼り過ぎ 1 袋（0.06%）

表 2-1-1-4 RFID タグの貼り忘れ、貼り違い、貼り過ぎ（エチカ表参道）

店舗	貼り忘れ	貼り違い	貼りすぎ
1 : Soup Stock Tokyo	2	6	
10 : ラブラリーバイフェイラー		1	
13 : OMO KINOKUNIYA			1
14 : BAGLE&BAGLE	12		
15 : デリフランス	1		
18 : DEAN&DELUCA	5	1	
2 : マルシェドゥ メトロ	3		
7 : Re・Ra・Ku	1		
合計	24	8	1
収集総数あたりの割合 (収集総数:1,786袋)	1.34%	0.45%	0.06%

集計結果を見ると、貼り忘れの発生割合が、貼り違いや貼り過ぎと比較するとやや高い。59 日間の集計数のため、1 日で発生した数値なのか、複数日に渡る数値なのかは上表からは判断できないが、店舗ごとに見ると、複数の袋で貼り忘れや貼り違いをしている店舗があるのが確認できる。

貼り忘れ・貼り間違いの発生割合は全体から見るとごく僅ではあるが、予めタグが貼られた専用袋の提供が望ましい。

2) RFID リーダーの使用による作業所要時間の短縮効果について（エチカ表参道）

実証期間中における RFID リーダーを使うことによる作業所要時間の短縮効果について、エチカ表参道での作業所要時間から算定を行った。

○RFID リーダーを使うことによる時間短縮効果の測定方法

- ・11/15～2/13 に測定した通常作業の所要時間の平均値と、2/14～2/20 の各曜日 1 回測定したカウントなし作業の所要時間の差分をとり、時間短縮効果を算定した。

○算定結果

表 2-1-1-5 に RFID リーダー使用による作業所要時間の短縮効果の算定結果を示す。

平均で 8%ほどの短縮効果があった。1 袋あたりの短縮時間は 4.4 秒であった。仮に、すべての収集先において同システムを使用した場合、一日一台あたりの短縮時間はおおよそ 30 分の短縮効果が見込める。したがって東京 23 区内の総数の推計値 2.5 億袋に適用した場合、比例計算であれば、年間約 30 万時間の削減に相当する計算となる。

RFID リーダー他での事務処理も電子化したため、全体的な効率化も図ることができる。

表 2-1-1-5 RFID リーダー使用による作業所要時間の短縮効果（エチカ表参道）

（実施期間：2/14～2/20）

曜日：回収袋数	通常作業（分）	カウントなし（分）	削減率
日：38 袋	34	35	▲3%
月：40 袋	57	47	18%
火：51 袋	38	37	3%
水：43 袋	34	34	0%
木：40 袋	32	30	6%
金：32 袋	36	28	22%
土：46 袋	33	35	6%
平均：41 袋	38	35	8%

3) まとめ

エチカ表参道及び自由が丘商店街における実証の結果は表 2-1-1-6 の通りである。

表 2-1-1-6 RFID 個体管理実証事業の結果（エチカ表参道及び自由が丘商店街）

サイト	実施内容	結果と課題
エチカ表参道 （表参道駅構内）	期間：2021/11/15～ 店舗数：25 店舗 対象物：可燃ごみ、 不燃ごみ（廃棄物） <u>タグの付与方法：顧客にてタグを貼付</u>	・約 2,000 枚のタグを回収し、読取り精度を確認 ・作業時間について平均約 8%の削減を確認 ・顧客によるタグ貼付 － 若干の貼り忘れ等発生（発生率は 1%以下）
自由が丘商店街	期間：2022/1 店舗数：11 店舗 対象物：ペットボトル（有価物） <u>タグの付与方法：タグ付袋の提供</u>	・全量読み取り確認（精度 100%） ・回収量は 11 店舗 － 3 日間の回収で 27 袋

①エチカ表参道

- ・読取精度は比較的高い結果となったが、積み込み作業前にリーダーを作動させるか、後で作動させるかによって、読み取り精度に違いが見られた。

（例）積み込み作業前にリーダー作動　：　読み取り精度が良い。

積み込んだ後にリーダー作動　：　読み取り精度が悪い。

- ・一部ではあるが貼り忘れなどの事象が発生した。
- ・今後の継続についてのアンケート結果では、73%の賛同がテナントに対するヒアリングで得られたが、その他は、反対はないものの、そもそもの課題意識がない（排出量がごく少量であり、ごみ出しの手間もほとんどなくメリットがない）ことが分かった。

※詳細は巻末の資料編「資料Ⅰ エチカ表参道ヒアリング結果」を参照。

②自由が丘商店街

- ・全量の読み取りは可能だったがごく少量の実験にとどまった。
- ・自由が丘商店街の店舗からは、本取組が商店街ブランドの向上に繋がることを期待する声があった。

(4) 考察と課題

1) エチカ表参道

- ・読取精度は比較的高い結果となったが、引き続き作業マニュアルの見直しと徹底により認識率の向上を図る。
- ・貼り忘れなどを防止するため、予めタグが貼付された状態で各排出事業者への配布を行うことが望ましい。
- ・今後の継続についてのテナントに対するアンケートでは、73%の賛同が得られたが、少量排出テナントにおいては、そもそもの課題意識が低いことが分かった。対策案としては、まず、排出事業者に分別を促す啓発活動があげられる。また、分別に伴い発生する収運コストの削減や、再資源化に関与する廃プラ製品製造業には経済的なリサイクルの仕組みの構築が重要となる。

2) 自由が丘商店街

- ・ごく少量の実験にとどまったため、街全体での実施が望まれる。そのための準備としては、RFID 付きごみ袋の生産設備・体制を構築していく。
- ・商店街の店舗は、本取組を商店街のブランド向上に活用したいと考えており、今後も協議を重ねていく。既に B to B (ボトル to ボトル) など視野に入れて飲料メーカーとの検討も開始されている。

3) 効果と今後の計画

自動カウントの効果について述べる。東京 23 区内のごみ袋での排出総数は約 2.5 億袋と推定された（推定方法：2019 年度 23 区清掃工場持ち込み量、2018 年度産廃排出・実績調査を基に荷姿がごみ袋で排出される排出重量を推計し一般廃棄物（可燃ごみ）を 5kg/袋、産業廃棄物（不燃ごみ）を 3kg/袋として試算した）。理想的なケースとしてすべてに適用した場合、比例計算によれば年間約 30 万時間の収集時間の削減が期待できることが分かった。自動カウントされた値は、排出量としてマニフェストや費用請求に利用されるため、事務処理が効率化されるだけでなく、排出事業者へのフィードバック情報として利用できる。

次に今後の実装計画について述べる。まず、予め RFID タグを貼付する装置を導入して RFID 付きごみ袋の量産体制を確立する。その後、まず、白井グループ顧客への適用により、様々な条件における実行時の課題を検討していく。

RFID システムのメリットは排出段階でのデジタル化である。この情報基盤が充実してくれば、将来的には RFID タグでの排出量情報を複数の収集業者や地域全体で共有することにより、地域全体でのごみ減量の取り組みや連携収集による配車効率化（コスト削減・低炭素化）にも貢献する仕組みになると考える。

例えば、廃プラスチックや廃 PET は非焼却化（マテリアルリサイクル等）が求められており、地域の排出量が把握できれば、新たなリサイクル（焼却量削減）を行うために分別収集を行う際にも、計画が容易になり、ステークホルダーでの新たな取組への協議が円滑に進むデータとしての活用が期待できる。

2-1-2 ブロックチェーン（BC）による廃棄物（資源）の追跡管理

（1）背景と目的

○追跡管理のシナリオ

マニフェスト制度は廃棄物の発生段階毎に適用されるため、1次と2次のマニフェストが必要であるが、両者を紐づけすることは難しい。また、有価物に対しては一般には適用されないため、廃棄物が有価物に再生されていく過程は把握されていない。これらを解決する手段としてブロックチェーンに着目した。

本事業では、ブロックチェーンの仕組みを使い収集・運搬、中間処理、再生までの情報を追跡管理することをめざした（図 2-1-2-1）。現段階で追跡できる中間処理の受入までと、その後の中間処理、再生利用、最終処分までのトレースの可能性（限界）とあり方を検討した。

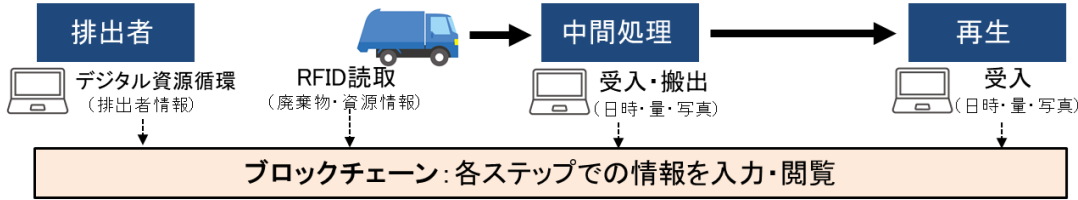


図 2-1-2-1 追跡管理のシナリオ

○ブロックチェーン着目の理由

ブロックチェーン着目の理由を従来型の情報インフラシステム（DB システム）との比較で図 2-1-2-2 に示す。

現状機能	追跡の課題	対応策	
マニフェスト ○廃棄物 ×資源	資源項目・情報を入力する動機・仕組みがない	DB システム	DBの設計・構築・運用コストが高い (参加する関係者数が増えていき履歴参照も必要)
		ブロックチェーン	段階的構築、安価、多数ユーザ対応、非改竄性 (当初からDB構造を設計する必要がなく拡張性あり)

図 2-1-2-2 ブロックチェーン着目理由

従来型の情報インフラシステム（DB システム）では開発時に仕様も決まっている定型業務等の管理ならば安定性も高い。一方で、管理者等によりエラーや改ざんの修復、登録情報の修正が可能であり、また、サービスを提供する管理者を必要とし、システムの構築・運用に多くの費用がかかる。

一方、ブロックチェーンは、段階的な構築・運用ができ、従来システムと比較すると安価である。また、記録されたデータの改ざんや消去はできず、参加者が自身の取引履歴を消すこともできないという特長がある。

廃棄物処理のように多数の排出事業者・収運業者・中間処理業者・再生業者が関与する場合、あらかじめシステム全体を設計するのは容易でなく、段階的に拡張する情報処理体系にならざるを得ない。産業廃棄物処理振興センター（JW センター）の電子マニフェストシステムを改良し、現状未実施の1次と2次のマニフェストの連携や、廃棄物が有価物に再生される過程を新たにトレースすることも技術的には可能とされるが、従来型のシステム全体を一新するために変更は容易ではなく、費用も膨大なものとなる。

ブロックチェーンと、従来型の産業廃棄物処理振興センター（JW センター）の電子マニフェストシステムとの比較を表 2-1-2-1 に示す。

表 2-1-2-1 ブロックチェーンと JW ネットとの比較

				JW ネット	ブロックチェーン（モデル事業'21 版）
目的				法令順守（不法投棄防止）	見える化（資源循環促進）
位置づけ				産廃マニフェスト制度に従った電子管理システム	資源循環を目的とした任意のトレーサビリティ
現在の法令	産廃			○	なし
	一廃・資源・有価物			なし	なし
トレースの適応対象	産廃	排出		○	○
		運搬終了		○	○
		中間処理		○	○
		中間処理後	最終処分	○	○
			有価売却先	×	○
			複数ルート	×	○
	一廃・資源・有価物	排出		○	○
		運搬終了		○	○
		中間処理		×	○
		中間処理後	最終処分	×	○
			有価売却先	×	○
			複数ルート	×	○

	JW ネット	ブロックチェーン（モデル事業'21 版）
その他	国唯一の管理システム	非改ざん性がある

上記を鑑みて、段階的な拡張性があつて部分的な改良が可能で、かつ、構築・運用にかかるコストが安価であり、その上で、耐改ざん性に優れ、多数のユーザーにフレキシブルに対応可能なブロックチェーンが「廃棄物・資源の処理フローにおけるトレーサビリティを高め、見える化の向上に寄与する」本事業の課題に答える技術として有望と判断した。

（２）実施方法

・システム設計・構築

ブロックチェーンの構築のためのプログラムと、情報入力・確認用 WEB インターフェースを開発した。本システムでは収集運搬業者に、収集および搬入、中間処理業者による中間処理および二次処理先への出荷、二次処理先での受入までをブロックチェーン上に記録し、その記録情報をフロー図としてわかりやすく表示して「見える化」した。

・実証方法

具体的には、エチカ表参道での R3.12.7～R3.12.12 までの実績（各テナントの品目別の排出量、収集運搬日時、中間処理における処理実績、二次処理先への搬出実績など）をブロックチェーンに登録し、収運・処理・再生の流れをビジュアル化して表示することを実証した。実際に情報を登録して、開発システムが意図通り動作するかを確認し、フロー図の表示方法を工夫した。また、本システムが示す情報を関係者に開示して関心の度合いやメリットをヒアリングした。

まず、前述の RFID データを CSV 形式で取り込みデジタル化した。その後に、収集運搬業者の搬入から二次処理先での受入までを表 2-1-2-2 のように記録した。マニフェストでは複数枚になる情報を一括して、排出から再生先までを一貫して記録した。リサイクル過程の情報化は本来なされていて当然とも思われるが、マニフェスト以外には法的規制がなく、従来はそれがなされていなかった。このような情報登録について、各関係者へヒアリングした実績をインターフェースから登録した。関係者は追加となる登録業務を忌避するので、今回はシステム運用者側で手動により登録したが、実運用時には自動登録できるようになると考える。

表 2-1-2-2 ブロックチェーンへの登録情報

区分	記録内容
収集時	・ 排出事業者名 ・ 品目名 ・ 画像（任意） ・ 収集日 ・ 収集時間（任意） ・ 重量 ・ 収集車両の車番（任意） ・ ドライバー氏名（任意）
搬入時	・ 搬入日 ・ 搬入時間（任意） ・ 画像（任意） ・ 重量 ・ 搬入先
処理時	・ 処理日 ・ 処理方式 ・ 出荷先処理方式別の処理比率 ・ 画像（任意）
出荷先	・ 出荷日 ・ 出荷時間（任意） ・ 重量 ・ ドライバー氏名（任意） ・ 出荷先
受入	・ 受入日 ・ 処理区分 ・ 用途

排出事業者へは確認用インターフェースを開放し、アンケートにより活用方法についてのヒアリングを実施した。

（３）実施結果

図 2-1-2-3 に、収集、中間処理への搬入、中間処理、出荷、処分再生業者での受入の情報の流れの構成を示し、一例として収集情報の登録画面を図 2-1-2-4 に示す。

①収集

[静脈物流](#)
[物流情報確認](#)
[ログインユーザ：Soup Stock Tokyo](#)

排出物

Soup Stock Tokyo 2021-12-01 1234

品目

一般廃棄物/普通ごみ

対象物画像

収集日

2021/12/01

収集時間

18:00

重量

200 kg

車番

1234

ドライバー氏名

ooki

搬入の情報：白井エコセンター株式会社 2021-12-01 1234

②搬入

[静脈物流](#)
[物流情報確認](#)
[ログインユーザ：Soup Stock Tokyo](#)

対象物

白井エコセンター株式会社 2021-12-01 1234

対象物画像

搬入日

2021/12/01

搬入時間

00:00

重量

500 kg

車番

1234

ドライバー氏名

東京 太郎

搬入先

品川運輸株式会社

収集の情報：Soup Stock Tokyo 2021-12-01 1234

収集の情報：XXXXXX

処理の情報：2021-12-20 マテリアル：ペットボトル 250kg

処理の情報：2021-12-20 マテリアル：梱包材 125kg

③中間処理

[静脈物流](#)
[物流情報確認](#)
[ログインユーザ：Soup Stock Tokyo](#)

対象物

2021-12-20 マテリアル：ペットボトル 250kg

処理日

2021/12/20

処理方式

☒ 破砕
 ☐ 磁気選別
 ☐ 圧縮梱包
 ☐ 溶融
 ☐ 脱水
 ☐ その他 1
 ☐ その他 2
 ☐ その他 3
 ☐ その他 4
 ☐ その他 5

出荷先方式

区分	処理方式	比率	対象物画像
再資源化	マテリアル：ペットボトル	250 kg	
	マテリアル：梱包材	125 kg	
	マテリアル：発泡スチロール	125 kg	
	マテリアル：その他	kg	
	ケミカル	kg	
	セメント	kg	
	焼却発電	kg	
処理	単焼却	kg	
	埋立	kg	

搬入の情報：白井エコセンター株式会社 2021-12-01 1234

出荷の情報：品川運輸株式会社 2021-12-20

図 2-1-2-3 収集、中間処理搬入、中間処理、出荷、処分再生業者受入の情報の流れの構成

21

④出荷

静脈物流		物流情報確認		ログインユーザ : Soup Stock Tokyo ▼	
対象物					
品川運輸株式会社 2021-12-20					
対象物画像					
出荷日					
2021/12/20					
出荷時間					
00:00					
重量					
240 kg					
車番					
1231					
ドライバー氏名					
yamada					
出荷先					
再生事業者 1					
処理の情報 : 2021-12-20 マテリアル : ペットボトル 250kg			受入の情報 : 再生事業者 1 2021-12-20		

⑤受入

静脈物流		物流情報確認	
対象物			
再生事業者 1 2021-12-20			
受入日			
2021/12/20			
処理区分			
最終処分			
用途			
処理			
出荷の情報 : 品川運輸株式会社 2021-12-20			

図 2-1-2-3 収集、中間処理搬入、中間処理、出荷、処分再生業者受入の情報の流れの構成
(続き)

静脈物流 情報入力(収集) 情報入力(搬入) 物流情報確認 ログインユーザ：白井エコセンター株式会社 ▼

排出事業者 検索フィルタ：

選択してください ▼

品目

選択してください ▼

対象物画像

選択されていません

収集日

2021/12/29

収集時間

--:--

重量

kg

車番

ドライバー氏名

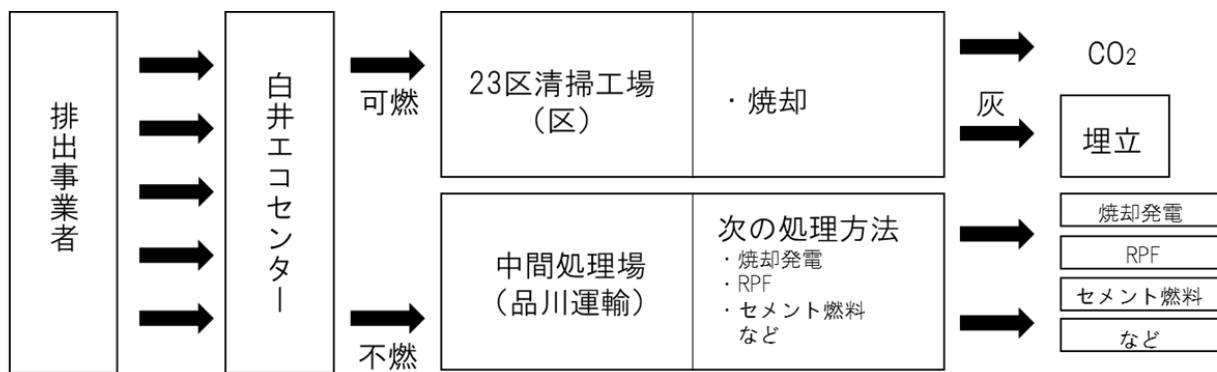
図 2-1-2-4 ブロックチェーンへの収集情報の登録画面

同様な登録用画面を中間処理業者、処分再生業者用に作成した。

マニフェストでは廃棄物しか情報化されておらず、有価物になった時点で記録されなくなることが一般的ある。また、電子マニフェストでは一次マニフェストと二次マニフェストを一貫してフロー表示する機能はない。このため、処理後の複数の二次処理先で処理された場合には主たる処理先のみが記録され、すべての処理フローの記録、紐付けは難しかった。このように廃棄物と有価物、また、複数の処理方式や処理フロー全体を一連の流れを、一つの情報システムに入力・統合することができていなかった。これをブロックチェーンで実現した。

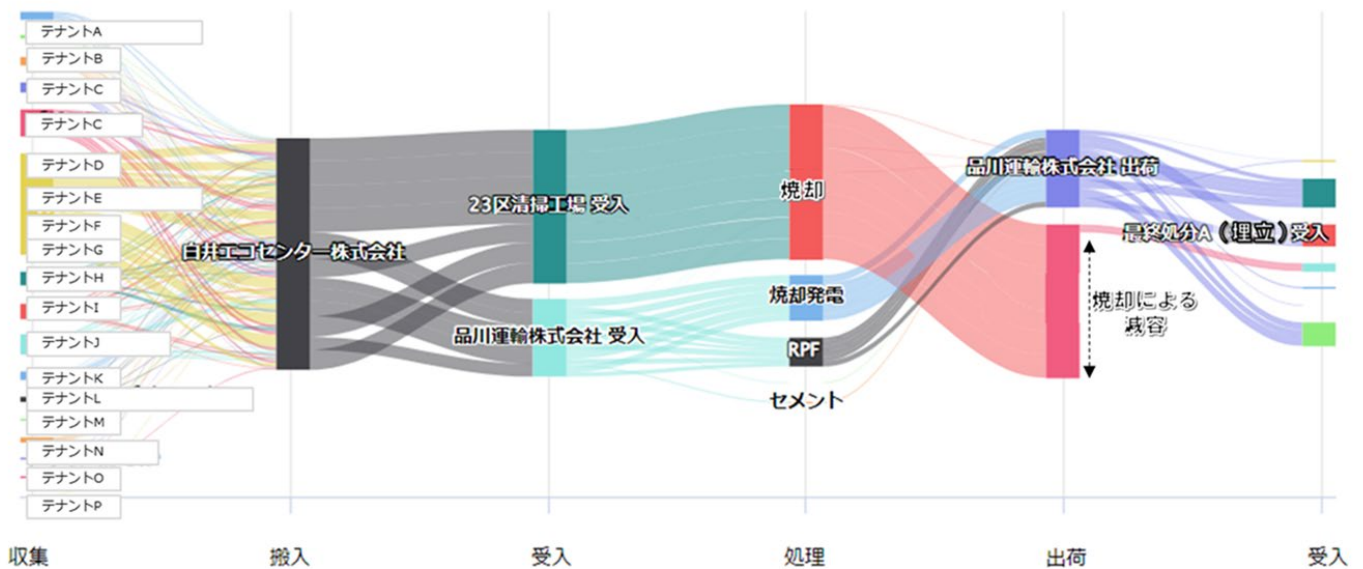
図 2-1-2-5 はエチカ表参道における収集運搬、1 次処理（中間処理）、2 次処理（最終処分・再生）の廃棄物の流れを示す。上の図がこれまでの管理フロー図で、下の図がブロックチェーンで「見える化」した結果であり、両者を対比させた。

収集に関しては各店舗の廃棄物を白井エコセンター 1 社が収集運搬し、可燃ごみ（一般廃棄物）は東京 2 3 区清掃工場へ、不燃ごみ（産業廃棄物）品川運輸へ搬入された後、東京 2 3 区清掃工場では焼却後に残渣は埋め立て、品川運輸では破碎処理後に各所最終処分先（焼却発電施設、RPF 製造施設、セメント製造施設など）で適正処理または再資源化された。実際には、収運会社は複数社になり（縦方向に拡張）、中間処理も複数の処理を経由する（横方向への拡張）こともある。



従来の処理フロー図 (数値管理されていなかった)

静脈物流トレースグラフ



BC・フロー図：数値を入れて見える化した

図 2-1-2-5 ブロックチェーンで表記するフロー図の比較

合計 17 か所の排出事業者から可燃ごみと不燃ごみを白井エコセンターが回収した。可燃ごみは 23 区清掃工場で受け入れ、不燃ごみは品川運輸で受け入れられた。その次の処理方法としては、可燃ごみは清掃工場では焼却され、不燃ごみは破砕処理をされる。可燃ごみについては、23 区清掃工場で焼却された後は全量が埋立されるものとして登録した。不燃ごみについては、焼却、RPF、セメント燃料化、ケミカルリサイクル向け成形、埋立など、品川運輸の二次処理先としての記録を登録した。

排出事業者はこのフロー図を見れば（WEB の画面上でクリックすれば各地点での数値情報も見ることができる）、廃棄物や有価物の行先を知ることができる。再生材を利用する側から見ると、原料の由来を知ることができる。

（４）考察と課題

1) ブロックチェーンの運用上の課題・適用可能性

○ブロックチェーンの使用によるメリットの創出の必要性

本事業によって、廃棄物（資源）の排出から処理までの一連のフローを「見える化」できることを明らかにした。排出事業者（または物件：商業施設、オフィスビルなど実質的に共同で廃棄物処理を実施しているまとまり）としての排出量・処理状況を「見える化」することで、排出量の削減への取り組みや、リサイクル方法の改善に対する取り組み（脱焼却）への動機づけや実施前後の検証へ活用することができる。これについては排出事業者の意見をアンケートで調査した（後述）。

ブロックチェーンは、廃棄物・有価物にかかわらず原料の由来を説明するツールとして活用でき、原料価値の向上につなげることができる。また、廃棄物排出量の削減料やリサイクル率などを ESG スコアリングとして開示することで ESG 経営のアピールができ、ブランド価値を高めたり、ESG 投資を獲得するなど、店舗、施設、企業の価値を向上させるが期待できる。

この際の課題は ESG スコアリングをどのように定量化するかである。非焼却率や CO2 発生量などを数値化できれば、それ自体が環境価値の説明になる。本事業ではその具体的検討までは踏み込めなかった。

本事業でのブロックチェーンで、特に収集運搬については、既開発の WEB 受付システム（ごみ.Tokyo）で得た排出事業者情報と、RFID システムとを用いて排出事業者と排出物との情報を自動登録していくので、業務を効率化できるというメリットがある。しかし、中間処理と最終処分・再生業者については、トレース管理自体は中間処理や最終処分・再生業者の業務目的ではなく、ブロックチェーンに登録することは追加の費用発生となるため忌避される。

このため、今後ブロックチェーンを実装していくためには、処理業者と最終処分・再生業者側のメリット創出が必要となってくる。トレース情報に価値を求める関係者（排出事業者と再生材利用企業）によるインセンティブの付与が重要になる。例えば以下のような

案が考えられる。

- ・ブロックチェーンが中小規模事業者でも（意識せず自動的に）利用できるようになれば、リサイクル実態をより詳しく行政が把握できるようになる。
- ・後述する再資源化報告書については、ブロックチェーン情報を用いて作成業務を簡素化できる。
- ・ごみ処理やリサイクルによる CO2 負荷を定量化できれば、それを基礎情報にして、カーボンクレジット制度での経済価値取引の実現により、ブロックチェーン情報を登録・開示すること自体に経済的価値が生まれる。その結果、環境価値も高まるという好循環が期待される。環境価値の向上よりも経済価値の向上からのインセンティブ付与のほうがより強力に普及しやすいと思われる。
- ・トレース情報が環境価値となり、収運・処理・再生業者としての処理・再生受託費の増加につながる。
- ・自社製品のクローズドリサイクルをめざす事業者に対しては、トレース情報を提供するというサービス事業が挙げられる。これはトレース情報を活用して新たな顧客と事業収益を得ることにつながる。

○ブロックチェーンの適用可能性

将来的に、ブロックチェーンの実装が進展するかは、社会情勢の変容に関わってくる。リサイクル市場においては、廃棄物由来原料の価格が上昇すれば、ブロックチェーン実装の追い風になると考えられる。今後、最終製品メーカーが材料由来トレースをいつ実行するかが課題となってくる。その他にも、排出事業者において、ESG スコアリング等の導入への気運が高まるなどの社会変化がブロックチェーンの導入を後押しする可能性がある。

今後は、ブロックチェーンに必要とされる機能を先進的事業者（排出・製造）にヒアリングし、社会実装の是非・可否を見極めることが重要である。

エチカ表参道の実証事業に参加した各店舗に対するヒアリング調査（アンケート）では、ブロックチェーンで追跡したリサイクル状況の開示については「とても良い」と「良い」で合計 37%であった。「メリットがまだわからない」、「法律で決まれば実施する」との意見も寄せられた。廃棄物の削減や環境負荷低減を実現したい事業者であっても、各事業者での実際の排出においては、何らかのインセンティブまたは規制等がないと、新しいシステムの導入に至るのは現時点では難しい。逆に、p.28 に記載したような施策が望まれる。
※詳細は巻末の資料編「資料 I エチカ表参道ヒアリング結果」を参照。

○ブロックチェーン実装のメリット・デメリット

ブロックチェーン実装のメリット・デメリットを表 2-1-2-3 に示す。各プレイヤーについて、定量化できない「定性的なメリット」の価値を具体的にいかに高めるかが課題である。

表 2-1-2-3 ブロックチェーン実装のメリット・デメリット

	定量的なメリット	定性的なメリット	デメリット（課題）	今後の対策
排出事業者	・廃棄物・有価物のトレースが可能 ・資源循環を数値的に管理できる	・トレース情報の開示という新たな付加価値を提供 ・取り組む関係企業のブランド価値の向上 ・先進的 ESG 活動による他企業との差別化	・システム構築・運用コストの増加 ・関心がない企業も少なくない	・メーカーや排出事業者との連携・協働（商社他）
収運業者	・廃棄物・有価物のトレース情報の提供が可能になる ・モデル事業のシステムが全て繋がり、全自動化されればコスト削減が可能		・情報登録業務コスト以上の売上獲得見込みがない ↓ ・各社の基幹システムと追跡管理システムがAPI等により自動接続すれば可能となる	
処理業者	・入りと出の情報を知ることが、売り上げ増になるなら歓迎される			
再生業者	・再生原料の由来を知ること、再生材利用者への説明責任を果たせ、調達管理もできるようになる		・廃棄物や資源の由来を知るために必要費用を負担	

2) 学識者による考察

ブロックチェーンの将来の本格運用に向け、ブロックチェーンに関して知見を有する専門家である、東京大学大学院・技術経営戦略学の村上進亮准教授ならびに田中謙司准教授に、本事業で設計・構築したブロックチェーンについて、インセンティブ付与や適用課題、多様なステークホルダー参画の重要性等についてご指摘いただいた（表 2-1-2-4 参照）。内容は、事業推進者の意見ともほぼ一致した。

表 2-1-2-4 ブロックチェーンにかかる東京大学 村上准教授・田中准教授の見解

担当・内容	カテゴリー	内容の骨子
・東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学 ・村上進亮研究室 准教授 ・トレーサビリティの可視化によるインセンティブ付与	1. 静脈産業内部のメリット及び課題	1.1 廃棄物の種類や発生量予測による収運効率化 1.2 連携収集の機会が増える 1.3 収運業者の空き時間利用によるダイナミックプライシング 1.4 マニフェスト以上のインセンティブが必要
	2. 資源循環全体の課題	2.1 再生原料利用者（製造業）からみたエビデンスは重要だがそのエビデンス仕様が明らかになっていない 2.2 収運業者のメリットが希薄⇒インセンティブが必要 2.3 製造業の ESG スコアリング向上 2.4 行政・製造業・排出者・収運業者・処理業者・再生の幅広い参画
	3. 消費者目線	3.1 消費者による環境配慮製品の選択
・東京大学大学院 技術経営戦略学 ・田中謙司研究室 准教授 ・ブロックチェーンの適用・評価	1. ブロックチェーンのメリット	1.1 中間処理が多段になったり、プレイヤーが増加しても拡張可能 1.2 廃棄物と資源の両方に適用できる（エチカ表参道と自由が丘で実証された）
	2. 適用に関する課題	2.1 ブロックチェーンは入力値の正誤には責任を負えない 2.2 中間処理での自動入力等による手間削減 2.3 廃プラ利用者（製造業）がプレミアムを付けて購入する等の仕組みの構築（制度・インセンティブの設計）
	3. 今後の方向性	3.1 循環資源を使うという「環境価値」を証明するためにトレース情報を活用する

2-1-3 資源循環の実態把握 (DXによる定型書類作成支援

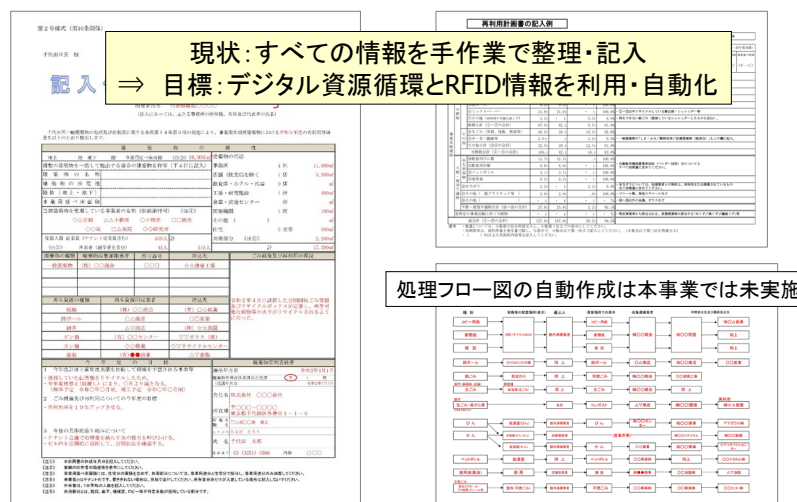
(RPA: Robotic Process Automation))

(1) 背景と目的

○廃棄物管理の実状

現在の廃棄物（資源）管理は、延べ床面積 3000 m²以上の中規模建築物建物の所有者（一部自治体は 1000 m²以上の中規模建築物も対象）に対して実績報告書と再利用計画書の提出が義務付けられている（品目毎の排出量やリサイクル状況、リサイクルフロー図等）。一方、小規模建築物（事業者）に対しては、特に義務付けはない。

廃棄物（資源）管理を事業者自身が行うことが廃棄物減量の基本であり、現状では図 2-1-3-1 に示すように手作業で整理・記入している。整理すべき情報は収集運搬事業者も持っている、代行して作成することも多い。そこで、中規模事業者にあつては、作成業務の効率化を進め、小規模事業者においても手間をかけずに作成できれば、事業者の規模にかかわらず、行政からも資源循環の「見える化」が進展する。



画像：再利用計画書（千代田区）

図 2-1-3-1 自治体提出書類の自動化

○実態把握による書類作成支援

図 2-1-3-2 に必要な情報と情報源を簡略に示す。実績報告書に必要な情報を整理することで、実績報告に必要なデータを網羅的に集計処理できる。本事業では、これらのデータを用いて、再利用計画書の中の実績を報告できることを実証した。なお、前掲の図 2-1-3-1 の右下に示す、処理のフロー図作成については技術的には可能であるが、ソフトウェアの費用と時間を必要とするので、本事業では割愛した。

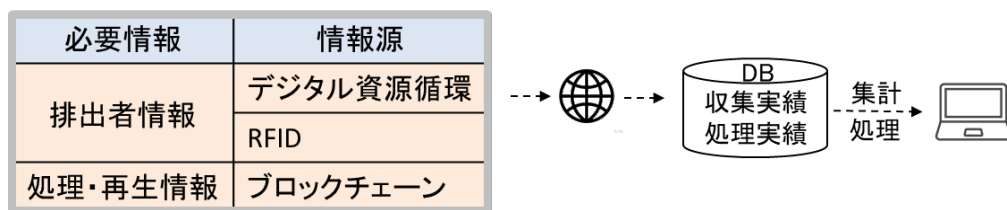


図 2-1-3-2 実態把握による書類作成支援 (RPA)

(2) 実施方法

・システム設計・構築

全体のシステム構成を図 2-1-3-3 に示す。既開発の WEB 受付システム (ごみ.Tokyo) で得た排出事業者情報と、RFID で読み取った実績情報と、ブロックチェーンで追跡した処理状況の情報とを CSV 形式で整理して自動的に集計した。これらの情報を基に、排出量と品目ごとの排出比率をグラフに、リサイクル状況は表形式にて排出事業者用の簡便なユーザーインターフェイスで確認できるシステムを開発した。

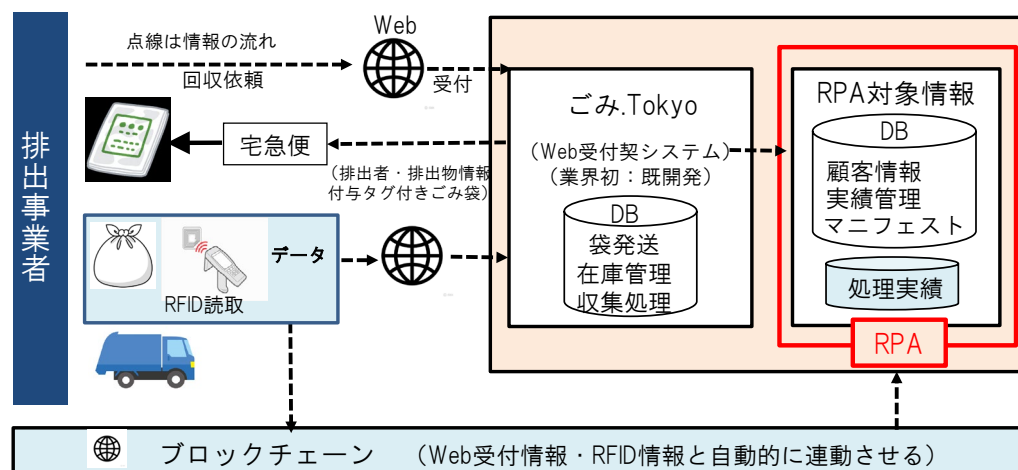


図 2-1-3-3 書類作成支援 (RPA) の全体システム構成

・実証情報の反映

RFID タグで読み取ったエチカ表参道の事業者に品目ごとの処理実績とブロックチェーンで追跡したリサイクル状況の情報を反映した。

・排出事業者による評価

排出事業者にアンケートを記入していただき、利便性および必要性を評価した。

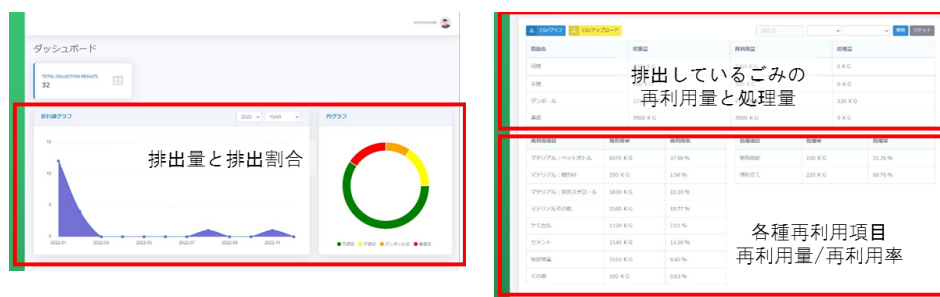
(3) 実施結果

1) 再利用計画書相当の情報の整理・表示

本事業で開発されたシステムにより、図 2-1-3-4 に示すように、排出事業場所ごとの廃棄物の排出状況・リサイクル状況が CSV 形式でインプットされることで自動的に集計される。排出量と品目ごとの排出比率はグラフ形式（図 2-1-3-5）で、リサイクル状況は表形式（図 2-1-3-7）で確認できるようにした。自動集計化の実現により、再利用計画書（自治体提出義務書類）作成業務が効率化され、ひいては、排出事業者の処理状況の説明責任をサポートすることが可能となると期待される。

・排出状況

・リサイクル状況



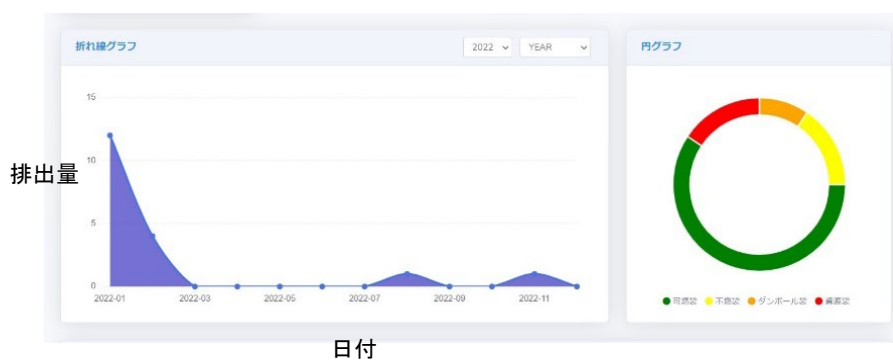
再利用計画書相当の情報は整理・表示可能(処理フローは今後)

図 2-1-3-4 RPA による再利用計画書相当情報の排出状況・リサイクル状況の整理・表示

○排出量の自動集計と可視化

排出事業者ごとの廃棄物排出状況、リサイクル状況を自動集計した。

- ・排出量は月別・日別で自動集計され、量の推移は折れ線グラフで表示した。
- ・排出品目（可燃、不燃、ダンボール等）毎の排出割合（比率）を円グラフで表示した。



※添付グラフは月別表記のサンプルデータ

図 2-1-3-5 RPA による排出量の推移と排出品目の比率の表示

前出の図 2-1-3-5 で示した排出量の推移（折れ線グラフ）ならびに排出品目の比率（円グラフ）の、再利用計画書における図 2-1-3-6 で示す箇所のデータを可視化している。

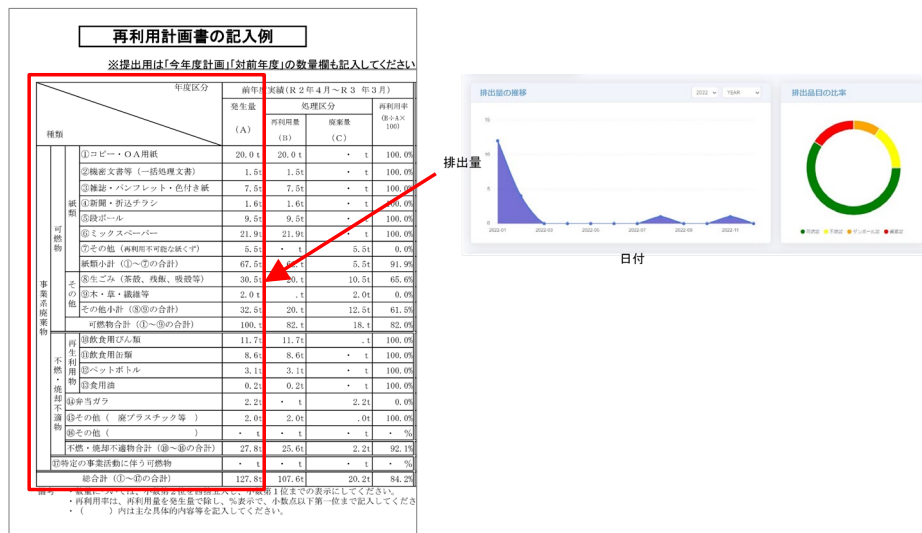


図 2-1-3-6 RPA による排出量の推移と排出品目の比率の表示と再利用計画書との関係

○リサイクル状況の自動集計と可視化

リサイクル状況（収集量、再利用量、処理量）を自動集計・可視化した（図 2-1-3-7 参照）。収集量、再利用量、処理量に関して、上段（赤枠箇所）では品目別に数値表示され、下段（青枠箇所）ではリサイクル・処理方法別に数値と比率（再利用率及び処理率）が表示される。

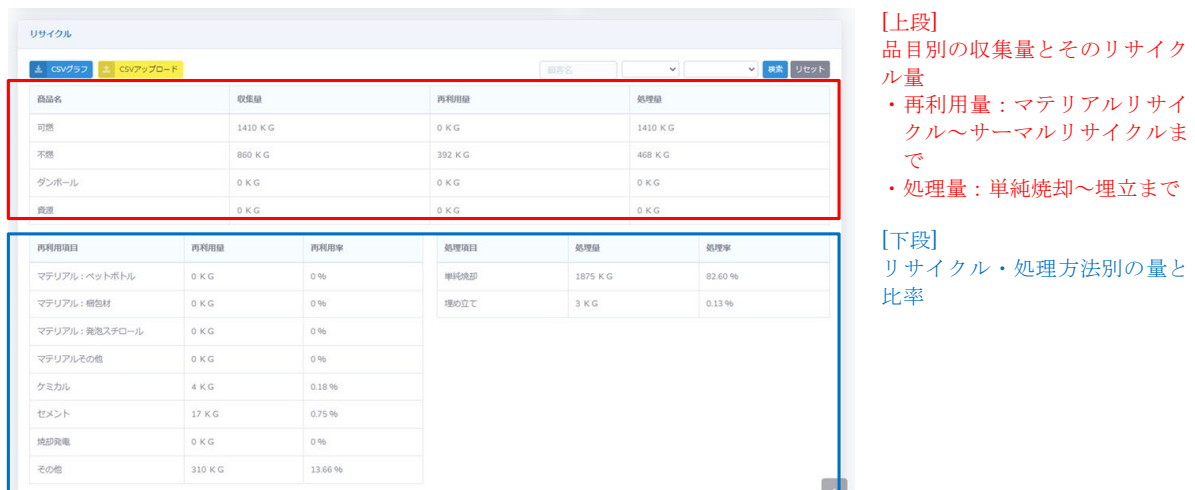


図 2-1-3-7 RPA によるリサイクル状況の自動集計の表示（収集量とリサイクル量）

前掲の図 2-1-3-7 で示した品目別の収集量とリサイクル量（赤枠）ならびにリサイクル・処理方法別の量と比率（青枠）は、再利用計画書における図 2-1-3-8 で示す箇所のデータを可視化している。なお、現時点では、リサイクル方法別の数量の報告義務はないが、今後の社会要請上、求められるようになることを想定して開発した。



図 2-1-3-8 RPA によるリサイクル状況の自動集計（収集量とリサイクル量）の表示と再利用率計画書との関係

（４）考察と課題

再利用率計画書は、排出事業者が実績を確認し、次年度の計画を立案するためのものである。必要な情報は、本事業では網羅的に取り込まれているので、それらを利用すれば、実績報告書が作成できることを示した。これは DX の効果と言える。

このような状況の中で、排出事業者の考えを把握するために、アンケートも含めてヒアリングを実施した。以下にその結果を述べる。

RPA については、「リサイクルの見える化が必要と感じる」と答えた事業者は 27%にとどまった。「店舗のごみがどのくらい、どのようなものが排出されているか見えるのは良い」といった意見がある反面、「見えることで何がメリット・デメリットなのかが理解しづらい」「他店と比べて自店が多いか少ないかわからないのでなんとも言えない」「データの活用方法が分からない」「自店では出るごみの量が少ない」などの意見も見られた。

これらの結果からは、排出事業者において、廃棄物の削減や環境負荷低減に意識はあるものの、実際の排出に関しては何らかのインセンティブまたは規制などが発生しないと、積極的に取り組む姿勢は希薄である傾向がうかがわれた。なお、ヒアリング調査の結果の詳細については巻末の資料編の「資料 I エチカ表参道ヒアリング結果」に添付した。

結論としては、大規模事業者の事務効率化には役立つが、小規模事業者については、法律や条例がなければ普及は難しい面はあるが、中小の事業所でもエコアクション 21 等、環境管理システムの導入事業者にとっては、ごみ量や種類を把握し計画的に削減していく廃棄物管理は重要な項目の一つでもある。今後事業者の環境対策の普及に伴い、ブロックチェーン使用による「見える化」は廃棄物管理の一助になると考えられる。

2-2 廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査

2-2-1 循環型ケミカルリサイクルの公開情報調査

(1) 背景と目的

「プラスチック資源循環促進法」の制定により家庭から排出される製品プラスチックも容器包装リサイクル法の仕組みを使ったりサイクルに統合されていくことが期待されている。オフィスや商業施設から排出されるプラスチックについても、脱焼却（＝低炭素化）の観点からマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルを進めることが求められている。これらのことは、サーキュラー・エコノミーの視点からも重要である。

東京都では、令和2年度に開催された廃プラスチックに関する情報共有会議において、オフィス・店舗系廃プラスチックのマテリアルリサイクルの推進と、2025～30年頃までに汚れたプラスチックや複合素材のプラスチックの循環型ケミカルリサイクルの社会実装化を目指すことが提言されている。

本事業においては、下記、図2-2-1-1に示すように、1) プラスチックを取り巻く動向の把握と、2) 事業系廃プラスチックの処理施設での受入要求水準の把握を行った。これらの1)、2)の調査で得られた情報は、「2-2-2 原料供給のための中間処理のあり方の考察」の基礎情報となった。さらに、これらのことは将来の東京都におけるプラスチックのケミカルリサイクルスキームの検討にも資するものとする。

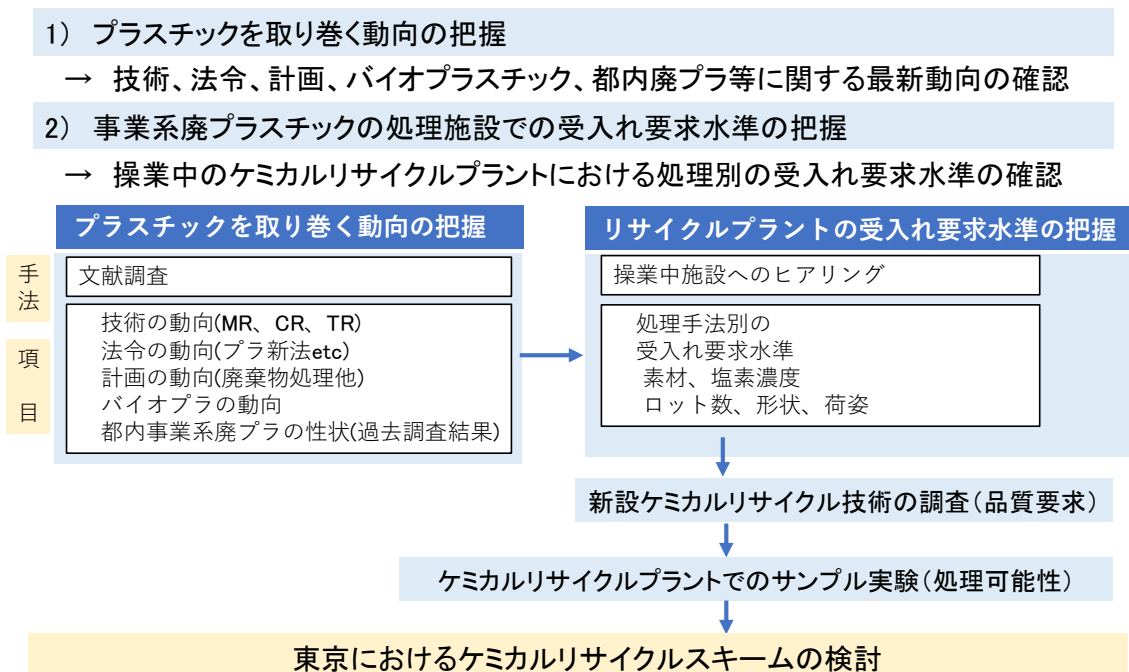


図2-2-1-1 廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査の全体概念

（２）実施方法

1) プラスチックリサイクルを取り巻く動向の把握

オフィスや商業施設から排出されるプラスチックの循環型ケミカルリサイクル（主にモノマー化・ガス化・油化による水平リサイクル）の検討にあたり、まず、プラスチックの循環利用にかかる基礎情報を整理・評価した。

【概要】

プラスチック処理技術（主にケミカルリサイクル）、プラスチックの資源循環に関する法令（プラスチック資源循環促進法等）や計画（東京都資源循環・廃棄物処理計画等）、バイオプラスチック等の最新の動向について把握した。

【手順】

最新技術や法令・行政の計画等の動向に関して、各種書籍・学会論文やインターネット等による文献調査、関連企業・機関等に対するヒアリング調査により、最新の情報を入手・整理した。

【調査対象】

国の動向(プラスチック資源循環促進法、バイオプラスチック)、東京都の動向(廃棄物処理計画等)、技術の動向(主にケミカルリサイクル)等を調査した。

2) 事業系廃プラスチックの処理施設での受入要求水準の把握：事業系廃プラスチックのケミカルリサイクルプラントの開発状況の調査

既存および開発中のケミカルリサイクル事業・処理施設（実証施設を含む）における、各処理手法別の受入れ要求水準（素材、塩素濃度、ロット数、形状、荷姿）をはじめとする事業の実態を把握するため、調査を行った。

【概要】

既存および開発中のケミカルリサイクル事業・処理施設について、公開情報で概要を把握した上で、事業の詳細について問合せの対象とする企業を選出し調査を行った。

【手順】

プラスチックのケミカルリサイクル事業を実施中の企業の公開情報をプレスリリース等で入手した。その中で、ケミカルリサイクルのうち、循環型のリサイクル手法（熱分解油化等）を採用しており、かつ、汚れたプラや混合プラスチックを受け入れる可能性の高いと思われる事業を調査対象として選出した。調査対象企業に対しては、事業の担当部署・担当者へ調査票を送付して事前に事業・施設の概要に関する回答を入手した上で、訪問に

よる直接面談、またはオンライン面談を実施して、事業・施設に関する詳細情報について情報提供を依頼するとともに、ケミカルリサイクルに関する意見交換を行った。

【調査対象】

調査対象の事業者は、下記を選出した（表 2-2-1-1 参照）。

表 2-2-1-1 調査対象事業者

調査対象企業	主な連携企業及びリサイクル技術の名称	
A 社	C 社+B 社+D 社	加圧二段ガス化
	F 社	モノマー化
	E 社	熱分解油化
	T 社+U 社	ガス化+水素製造
H 社	I 社	ガス化+エタノール化+重合
	V 社	熱分解+メチルメタクリレート(MMA)モノマー化+再重合(アクリル)
	W 社	マテリアル+ケミカルリサイクル
	J 大	分解(オレフィン)+精製+再重合(ポリオレフィン)
K 社	L 社	超臨界水技術+熱分解油化
Q 社	X 社、32 社出資	熱分解+流動床触媒反応
N 社	O 社	熱分解油化(石化プラント:スチームクラッカー等原料)
	P 社	マイクロ波技術によるモノマー化(ASR、SMC 製品)
R 社	S 社	接触分解油化
C 社	B 社	内部循環流動床ガス化
Y 社	Z 社	モノマー化+再重合(ペットボトル)

【調査事項】

調査対象企業に対して、主に下記の事項について確認した（表 2-2-1-2 参照）。なお、実際の回答では企業側から回答を拒否された項目も多く、本調査で事業・施設の全ての事項について情報が明らかになったわけではない。

表 2-2-1-2 調査事項

事業の概要	処理の概要	施設の概要	
- プロジェクトの名称等 - 共同企業体の名称 - 主体会社 - 連携会社（技術/出資） - 参考 URL	- 方式名称 - プロセス（フロー） - 技術の特徴 - 原料 - 生成物 - 生成物売却価格情報	- 現状規模 - 前処理設備 - 受入れ基準 - プラントの名称 - 構想規模@年 - 商業化目標年数	- 事業場 - 処理実績 - 事業化に当たってのポイント - 評価

（３）プラスチックリサイクルを取り巻く動向の把握（実施結果）

１）国や都の動向

ア．国の動き

海洋プラスチックごみ問題、気候変動問題、諸外国の廃棄物輸入規制強化等への対応を契機として、国内でのプラスチックの資源循環の更なる促進が求められている。こうした背景から、プラスチックの資源循環にかかる新たな法律の制定や、バイオプラスチックの導入にかかるロードマップの策定等が進められている。

○プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（プラスチック資源循環促進法）の制定

第 204 回通常国会において、プラスチック使用製品の設計からプラスチック廃棄物の処理に至るまでの各段階において、あらゆる主体におけるプラスチック資源循環の取組（3R+Renewable）を促進するための措置を講じた「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（プラスチック資源循環促進法）」が成立し、2022 年 1 月 14 日の閣議決定により、2022 年 4 月 1 日より施行されることとなった。

＜プラスチック資源循環促進法の概要＞

- ・家庭排出の製品プラスチックも容器包装リサイクル法の仕組みを使ったりサイクルへの統合が期待される。
- ・オフィス・商業施設排出のプラスチックも脱焼却・低炭素化の観点からマテリアルリサイクル又はケミカルリサイクルすることが求められる。両リサイクルの意義は下記のとおり。
 - (1)製造事業者が廃棄物・汚染を出さない設計(デザイン)の促進
 - (2)製造事業者の再生原料等の使用による天然資源使用抑制・自然システム再生
 - (3)サーキュラー・エコノミー視点での持続可能な社会のための新たな雇用や産業の創出

○バイオプラスチック導入ロードマップの策定

第四次循環型社会形成推進基本計画（2018 年 6 月閣議決定）を踏まえ、2019 年 5 月、「プラスチック資源循環戦略」が策定された。これにより、3R+Renewable（再生可能資源への代替）を基本原則としたプラスチックの資源循環を総合的に推進することとともに、2030 年までにバイオプラスチックを最大約 200 万トン導入することが掲げられた。プラスチック資源循環戦略を受け、「バイオプラスチック導入ロードマップ」策定の検討が行われ、2021 年 1 月に取りまとめられた。この中で、バイオプラスチックの導入に向けた基本方針、製品領域毎の導入に適したバイオプラスチック（表 2-2-1-3 参照）、政府の施策が提示されている。

表 2-2-1-3 バイオプラスチック導入ロードマップにおける
プラスチック製品領域毎の導入に適したバイオプラスチック

	導入に適したバイオプラスチック		製品領域毎に留意 が必要な事項(使用 後のフローにお けるリサイクル調 和性等の影響)	製品領域
類 型 1	バイオプラスチック (非生分解性)のう ち、リサイクルに悪 影響がない以下①、 ② ①バイオマス由来の 汎用プラスチック (バイオ PE、バイ オ PET、バイオ PP 等) ②高機能プラスチッ ク等を代替する同 種のバイオマスプ ラスチック (PA→バイオ PA 等)	使用後の影響の観点か ら、リサイクル調和性 が高い「類型 1」を導 入。ただし、分別収 集・選別により単一プ ラスチック種でリサイ クルされる場合は、す べての類型も該当し得 るため、 <u>環境負荷低減 効果がより高いもの</u> を 選択。	バイオプラスチッ クがリサイクルへ 混入した際に悪影 響がないことが求 められる。	・容器包装等/コンテナ類 -プラスチック製買物袋 ・電気・電子機器/電線・ ケーブル/機械等 ・建材 ・輸送 ・農林・水産 -農業用マルチフィルム [回収・リサイクル] -漁具等水産用生産資材 [回収・リサイクル]
類 型 2	バイオプラスチック (<u>非生分解性</u>)	特に温室効果ガス排出 抑制に資する「類型 2」を導入。	熱回収を阻害しな いことが求められる。	・可燃ごみ用収集袋
類 型 3	生分解性プラスチッ ク(※分解環境に適し た生分解性機能を持 つもの)	使用後の機能の観点か ら、「類型 3」のうち、 <u>堆肥化・バイオガス化 等、土壌、海洋での生 分解機能を持つもの</u> を 導入。	堆肥化・バイオガ ス化・農地土壌へ のすき込み・自然 環境土壌への流 出、海洋環境への 流出等における分 解の際、十分な生 分解機能があるこ とが求められる。	・堆肥化・バイオガス化等 に用いる生ごみ用収集袋 ・農林・水産 -農業用マルチフィルム [農地土壌にすき込む] -肥料に用いる被覆材 -漁具等水産用生産資材 [高強度や耐久性求め ず]

イ. 東京都の動き

東京は先進国の主要都市として、CO2 実質ゼロ・海洋汚染ゼロのプラスチック利用を目指し、都民、企業・団体と協働しながら、プラスチックの持続可能な資源利用を推進している。

○東京都資源循環・廃棄物処理計画の制定

2021 年 9 月、「持続可能な資源利用の実現」、「廃棄物処理システムのレベルアップ」及び「社会的課題への果敢なチャレンジ」の三本の柱を掲げた、新たな「東京都資源循環・廃棄物処理計画」が策定された。同計画におけるプラスチック関連事項は下記の通り。

<東京都資源循環・廃棄物処理計画におけるプラスチック関連事項>

- ・家庭系プラスチックごみの循環利用促進

(1)プラスチック製容器包装等のリサイクル

(2) 水平リサイクルの仕組み構築

「ゼロエミッション東京戦略」・「プラスチック削減プログラム」制定(2019年12月)

・2030年目標：家庭と大規模オフィスビルから排出される廃プラスチックの焼却量を40%削減

・2050年目標：CO2実質ゼロのプラスチック利用

○廃プラスチックの資源循環にかかる会議の開催

2019年度に、廃プラスチックの適正処理及び国内での有効利用を促進するため、情報共有や具体的仕組みの検討を行う「廃プラスチック処理・有効利用推進協議会」が全五回開催された。同協議会を踏まえて、「廃プラスチック国内有効利用に向けた実証事業」が2020年度から実施されている。この事業では、東京都内の廃棄物処理業者の廃プラスチックを集約して船舶等による共同輸送を行い、セメント工場での有効利用促進を図っている。

また、2020年度には、産廃プラスチックの処理及びリサイクルの方向性を議論する「廃プラスチックに関する情報共有会議」が開催された。同会議では、オフィス・店舗系の廃プラスチックの排出状況とマテリアルリサイクル促進に向けた論点整理が行われ、将来的なリサイクルフロー図が検討された。その結果、マテリアルリサイクルの推進と、2025-30年頃までに汚れたプラスチック・複合素材プラスチックの循環型ケミカルリサイクル社会実装化の必要性が再確認された。

ここでいう循環型ケミカルリサイクルとは、プラスチックからプラスチックを製造するケミカルリサイクルを指すものであり、高炉還元は含まれていない。

○東京都内の廃プラスチックの現状

【家庭及び大規模オフィスビルから排出されるプラスチックの量】

東京都における家庭及び大規模オフィスビルから排出されるプラスチックの量は、年間約80万トンとされており*、このうち、約70万トンが焼却されていると推計されている。プラスチック削減プログラムでは、2030年までに焼却量を4割削減し約40万トンとする目標を立てている。

*出典：プラスチック製容器包装 | 東京都環境局「プラスチックをリサイクルする意義」

<https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/resource/500200a20201207113423859.html>

【業種ごとの産業廃棄物系廃プラスチック類の発生量・排出量等】

2021年12月発行の「東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書(令和元年度実績)」によると、令和元年度実績では、都内の産廃系の廃プラスチックの発生量は35万3千トン、排出量は34万9千トンと推計されている(表2-2-1-4参照)。

表 2-2-1-4 東京都における業種毎の産廃系廃プラスチック類の発生量・排出量等(千 t/年)

廃プラスチック類	全業種 合計	建設業	製造業	上下水 道業	農業、 林業	電気・ ガス・ 熱供給 業	情報通 信業	運送、 郵便業	卸売、 小売業	不動産 業、 賃貸業	学術研 究・専門・技 術サービス業	宿泊、 飲食業	生活、 娯楽業	教育、 学習	医療、 福祉	サービス (自動車 整備業を 除く)	自動車 整備業
不要物等発生量	353	152	32	0	0	1	6	21	68	15	8	12	2	11	15	6	4
排出量	349	150	31	0	0	1	6	21	67	14	8	12	2	11	15	6	4
直接再生利用量	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
直接最終処分量	14	6	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	0	0
中間 処理	処理量	334	144	30	0	1	6	20	64	14	8	11	2	11	14	6	4
	処理後量	111	48	10	0	0	2	7	21	5	3	4	1	3	5	2	1
	処理後再生利用量	94	41	8	0	0	2	6	18	4	2	3	1	3	4	2	1
	処理後最終処分量	17	8	2	0	0	0	1	3	1	0	1	0	1	1	0	0
再生利用量	94	41	9	0	0	0	2	6	18	4	2	3	1	3	4	2	1
減量化量	223	95	20	0	0	1	4	14	43	9	5	7	1	7	10	4	3
最終処分量	31	14	3	0	0	0	1	2	6	1	1	1	0	1	1	1	0

出典：東京都環境局「東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書(令和元年度実績)(令和3年12月)」

https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/resource/industrial_waste/notification/investigation.files/R1-report.pdf より作成。

〔東京都内の事業系廃プラスチックの性状にかかる調査〕

2021 年度、東京都内における、事業系廃棄物 3R 促進に係る調査が実施された（三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング、白井グループ、エコスタッフ・ジャパン）。同調査では、「分別 BOX 設置による事業系プラスチックごみの分別回収の社会実証調査」と、「事業系プラスチックごみの高度選別」を実施した。前者の調査では、商業施設（ホテル・飲食店等）からは雑多なプラスチックが排出される一方、商業施設（物販）からは袋・梱包資材主体のプラスチックの排出が多く、オフィスビルからは製品プラスチック（CD ケース等）やファイル・ケース類の排出が多いことが確認された。後者の選別実証実験では、事業系プラスチック製品製造量（プラスチック素材回収量）は家庭系の 50%と比較して低い結果であったが、光学選別機で選別可能となることが確認された。

2) プラスチックリサイクルの現状

容器包装リサイクル法が制定されたことにより、それまでプラスチックのリサイクルはプレコンシューマーが中心であったが、ポストコンシューマーである容器包装の廃プラスチックについて、リサイクルの仕組みと技術が開発された。

そして、新たに制定されたプラスチック資源循環促進法や東京都のプラスチック削減プログラムにより、脱焼却・低炭素化の観点からすべてのプラスチックについてマテリアルリサイクル又はケミカルリサイクルの推進が求められるようになった。

ア. マテリアルリサイクル

マテリアルリサイクルの概要を表 2-2-1-5 に示す。

プレコンシューマーにおける廃プラスチックに関しては、成型くず等単一素材が一定量以上集まるため、従来から再生プラスチック業界が取扱っており、マテリアルリサイクルに適している。一方、容器包装プラスチックのように複数の素材の場合は、マテリアルリ

サイクルに適さない残渣が大量に発生し、残渣の処理は、他の処理手法に頼らざるを得ない。また、PET ボトルのように単一素材の廃プラスチックの場合は、元のプラスチックに戻すことも不可能ではないが、混合プラスチックの場合は、素材ごとに元のプラスチックに戻すことはマテリアルリサイクルでは困難である。また、再資源化された場合でも、どうしてもカスケード的に物性の低下が生じることが避けられない場合がある。

マテリアルリサイクルが可能なプラスチックに関しては、今後も優先的にマテリアルリサイクルを進めるべきではあるが、混合プラスチックや複合素材のプラスチック、汚れがひどいプラスチック等の再資源化に必ずしも最適な手法であるとは限らない。

表 2-2-1-5 マテリアルリサイクルの概要

	概要	処理の内容	生成物	*容器包装 (t/年)	全体 (t/年)
プレコンシューマーの廃プラ	成型くず等単一素材が一定量以上集まったもの。従来から再生プラ業界が取扱い	簡単な選別後、破砕・溶解	ペレット等の再生樹脂	-	203 万
ペットボトル	自治体回収分と事業系の回収分。PET to PET の割合が高まっている	異物除去、洗浄、破砕、選別	ペレット等の再生樹脂	227,000	
その他容器包装プラスチック	自治体回収分が中心。光学選別機を利用した単一素材化が進み、容リプラの高度利用も進む。	異物除去、洗浄、破砕、様々な選別処理	ペレット等の再生樹脂	351,856	

*容器包装：PET ボトル、プラスチック容器包装の合計(2019 年(令和元年=平成 31 年)度)

イ. ケミカルリサイクル

ケミカルリサイクルの概要を表 2-2-1-6 に示す。ケミカルリサイクルは大きく 5 つの主要な手法に分類されることが多いが、近年は、技術の進歩に伴い、複数の手法を用いた処理フローを採用する実証実験等も進められている。

ケミカルリサイクルでは分子レベルまで分解するため、マテリアルリサイクルでは困難な混合プラスチック等を再資源化できる手段としても期待されている。

ただし、ケミカルリサイクルでも、循環利用型の手法（解重合（モノマー）→再重合や熱分解油化等）と、ワンウェイ型の手法（高炉還元剤、コークス炉化学原料化等）があり（合成ガス化の場合はどちらのケースもある）、前者を「循環型ケミカルリサイクル」と言っている。また、ケミカルリサイクルで熱分解油化や合成ガス化を行っても、それを燃焼してしまう場合は、日本においてもサーマルリカバリーとみなされている。

表 2-2-1-6 ケミカルリサイクルの概要

手法	概要	処理の内容	生成物	*容器包装 (t/年)	全体 (t/年)
解重合(モノマー)→再重合	プラスチックを解重合してモノマーに戻した後、再度モノマーを重合して元のプラスチックと同じものを生成。	使用済み PET ボトルや PS を科学的に分解し原料やモノマーに戻し(解重合)、再重合	再度 PET 樹脂や PS 樹脂	-	30 万
熱分解油化	PE/PP/PS 等の混合廃プラを無酸素条件下で熱分解して熱分解油(ナフサ等)を生成する。	異物除去、破砕、脱塩素、熱分解(無酸素)その他の処理	炭化水素油	0	

手法	概要	処理の内容	生成物	*容器包装 (t/年)	全体 (t/年)
合成ガス化	PE/PP/PS 等の混合プラを酸素存在下で熱分解し、合成ガス(CO(一酸化炭素)と H ₂ (水素))を生成。	異物除去、破碎、熱分解(酸素+水蒸気)、ガス洗浄その他の処理	主に水素、一酸化炭素	44,697	
コークス炉化学原料化	石炭に PE/PP/PS 等の混合廃プラを混ぜてコークス炉に投入し、無酸素条件下で分解し、ガス・オイル・コークスを生成。	異物除去、破碎、塩ビ除去、熱分解(無酸素)その他の処理	コークス、炭化水素油、分解ガス	196,217	
高炉還元剤	コークスに PE/PP/PS 等の混合廃プラを混ぜて高炉に投入。廃プラは鉄鉱石の還元剤として作用し、CO ₂ と H ₂ O に分解。	異物除去、破碎、塩ビ除去、造粒その他の処理	高炉で用いる還元剤	26,491	

出典：「プラスチックリサイクルの技術開発とその取り組み、規制・施策動向、将来展望(2021.6)」

*容器包装：PET ボトル、プラスチック容器包装の合計(2019 年(令和元年=平成 31 年)度)

ウ. サーマルリカバリー

サーマルリカバリーは焼却処理の一環としてエネルギー回収するものから RPF として実施するものまで含まれている。容器包装リサイクル法においては、「サーマルリカバリーはマテリアルまたはケミカルリサイクルでは円滑な再商品化の実施に支障を生ずる場合に固形燃料等の燃料として利用される製品の原材料として緊急避難的・補完的に利用すること」と、されており、原則現状では実施できないこととなっている。

なお、サーマルリカバリーに関しては、欧州においてはリサイクルとしては認められていない。

3) プラスチックのリサイクル費用

プラスチックのリサイクル費用について、容器包装プラスチックの例で見てみる。主な工程は分別収集、選別保管、再商品化であるが、このうち再商品化費用は、容器包装リサイクル協会によって毎年入札によって決定されたものである。

図 2-2-1-3 は、容器包装再商品化事業における落札単価の経年推移(税抜)である。プラスチックはどの手法を見ても他の容器包装と比較して落札費用が高くトン当たり 5~6 万円である。オフィスや商業施設から排出されるプラスチックの再商品化費用は、この価格が目安になると考えられる。

落札単価の経年推移(税抜換算)

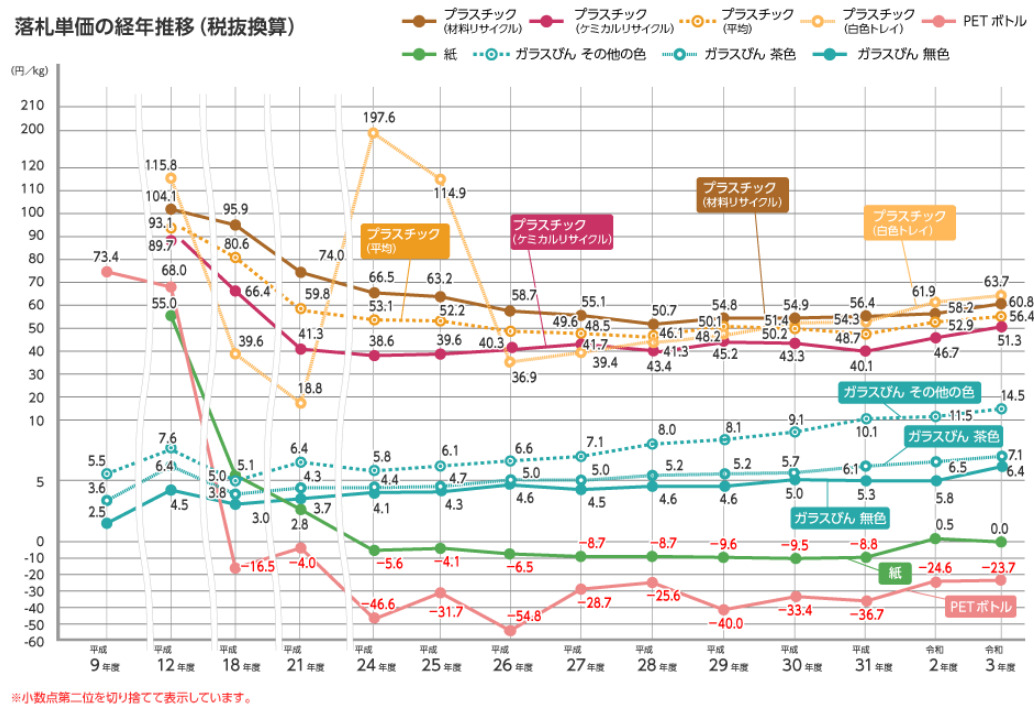


図 2-2-1-3 容器包装再商品化事業における落札単価の経年推移(税抜)

出典：(公財)日本容器包装リサイクル協会 https://www.jcpra.or.jp/recycle/related_data/tabid/869/index.php
https://www.jcpra.or.jp/recycle/related_data/tabid/510/index.php

4) プラスチックの手法別の環境負荷

プラスチックの手法別の環境負荷については、容器包装プラスチックを対象として行われた報告を見ていくこととする。

ア. プラスチック製容器包装再商品化手法の環境負荷検討の考え方

あるリサイクルシステムの導入により、代替されるオリジナルの処理システムと比較し、環境負荷(エネルギー資源消費、CO₂ 排出量)の削減効果を算定する。あるリサイクルのエネルギー使用量だけで判断するのではなく、そのリサイクルに代替されるオリジナルシステムにおけるエネルギー使用量と比べて多いかどうかを削減効果となる。

そのため、代替されるオリジナル処理が、例えば「木製のパレット」であれば、それを焼却しても木製品はカーボンニュートラルであるため再生樹脂のパレットは CO₂ の削減効果は小さくなるが、それが「バージン樹脂のパレット」であれば CO₂ の削減効果は大きくなる。同様にオリジナル処理で CO₂ 排出量が多い石炭を使用する場合には削減効果が大きくなる。

イ. 日本容器包装リサイクル協会による調査

再商品化における費用対効果や品質の改善、環境負荷の低減、技術の多様性確保等が課題となり、「マテリアル優先」の見直し、各再商品化手法に対する環境負荷を客観的に評

価・比較することが必要とされ、「プラスチック製容器包装再商品化に関する環境負荷検討委員会」を設置し、各再商品化手法の環境負荷（CO₂ 排出量）削減効果を算出した（平成 19 年 6 月公表）。その後、平成 24 年 6 月、平成 29 年 1 月の二回に渡りデータが更新された。

図 2-2-1-4 にプラスチック製容器包装リサイクルによる CO₂ 排出量の削減効果(総量)を示す。平成 27 年度の結果で見ると、コークス炉化学原料化がもっとも多く 671 千 t・CO₂ の削減効果があり、全体では 1,745 千 t・CO₂ の削減効果があったことになる。この量は 1 世帯当たりの家庭部門の令和元年度の CO₂ 量（2.72 t・CO₂ 環境省実態統計調査結果）でみると、約 64 万世帯分の量に匹敵する。このようにプラスチックのリサイクルは CO₂ 削減効果に一定の役割を果たすことがわかる。容器包装プラスチックの再商品化製品販売実績は全体で 45 万トン前後であり、都の 2030 年までに 30 万トンの脱焼却という目標数字がすべてリサイクルで対応するとすれば、容器包装プラでの CO₂ 削減量の 1,745 千 t・CO₂ の 2/3 の約 1,100 千 t・CO₂ の削減になる。

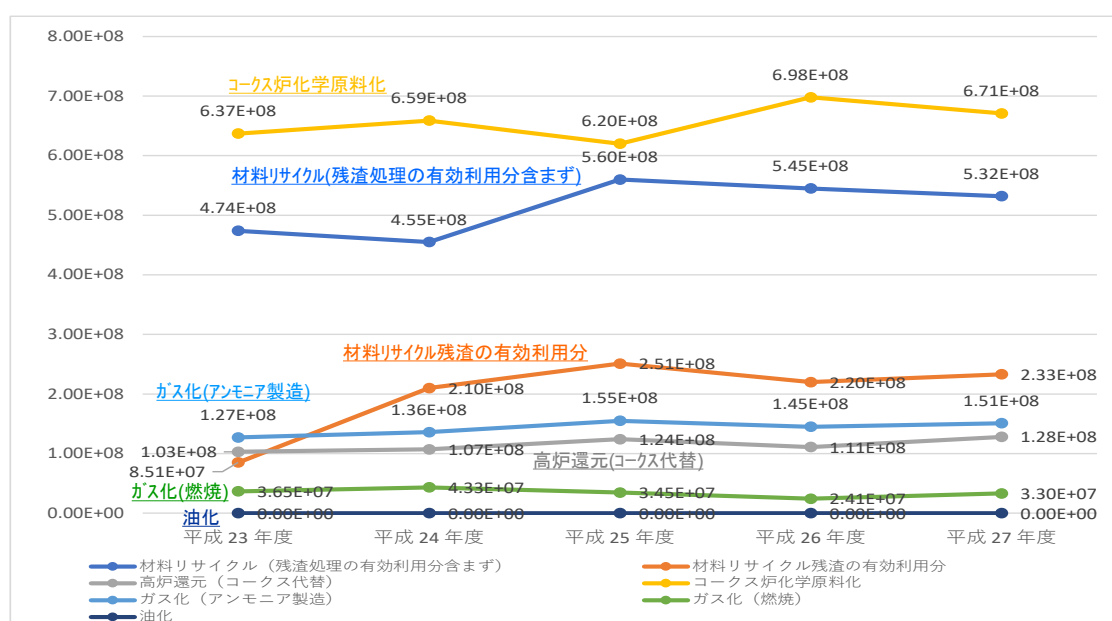


図 2-2-1-4 プラスチック製容器包装リサイクルによる CO₂ 排出量の削減効果(総量)
(単位 : kg-CO₂)

出典 : (公財)日本容器包装リサイクル協会「平成 28 年度プラスチック製容器包装リサイクル環境負荷削減効果のインベントリデータの更新」より作成

<https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/pla-lca-h28.pdf>

ウ. 海洋プラスチック問題対応協議会(JaIME)による調査

平成 19 年 6 月公表の日本容器包装リサイクル協会による環境負荷等の検討結果を基に、各再商品化手法の環境負荷（エネルギー資源消費、CO₂ 排出量）削減効果を算定した（平

成 31 年 3 月公表)。このうち CO₂ の排出量削減効果についてみる。

容リプラ 1kg を投入した場合の各処理手法の CO₂ 排出量削減効果 (kg-CO₂/kg-容リプラ処理) は下記の通り (表 2-2-1-7 参照)。

この表の CO₂ 削減効果を見ると、ケミカルリサイクルではコークス炉化学原料化や高炉還元が高く、またサーマルリカバリーでは発電焼却以外の RPF 利用、セメント燃焼が高いことがわかる。これは前段で述べたように、代替されるオリジナルの処理システムと比較した結果であるため、CO₂ 排出量が多い石炭利用がオリジナルのシステムであると削減効果が大きくなるためである。ケミカルリサイクルの油化やガス化 (アンモニア製造) は、他と比べると高い値ではないが一定の CO₂ 削減効果を示している。

表 2-2-1-7 各処理手法のエネルギー資源消費及び CO₂ 排出量の削減効果

			CO ₂ 排出量削減効果 [kg-CO ₂ e/kg-容リプラ処理]	
マテリアルリサイクル	リターナブルパレット (新規樹脂代替)	代替率最小値ケース	1.140	中程度
		代替率最大値ケース	2.130	
		代替率単純平均値ケース	1.650	
	リターナブルパレット(新規木材代替)		0.626	低い
ケミカルリサイクル	解重合(モノマー)→再重合		検討無し	検討無し
	油化		1.370	中程度
	ガス化(アンモニア製造)		2.110	やや高い
サーマルリカバリー	ガス化(燃焼)		1.590	中程度
ケミカルリサイクル	コークス炉化学原料化		3.240	高い
	高炉還元	(コークス代替)	3.150	高い
		(微粉炭代替)	2.460	高い
サーマルリカバリー	RPF 利用	(収率 75%)	2.720	高い
		(収率 89%)	3.220	
	セメント焼成	(収率 75%)	2.780	高い
		(収率 89%)	3.290	
	発電焼却	(発電効率 12.81%)	0.734	低い
		(発電効率 25%)	1.430	中程度

出典：海洋プラスチック問題対応協議会 (JaIME)・一般社団法人プラスチック循環利用協会「プラスチック製容器包装再商品化手法およびエネルギーリカバリーの環境負荷評価 (LCA) (2019 年 3 月)」
<https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/pla-lca-h28.pdf>

5) 循環型ケミカルリサイクルの動向

ケミカルリサイクルのうち、プラスチックからプラスチックへの循環が可能な循環型ケミカルリサイクルの各手法の概要について表 2-2-1-8 に整理した。

ア. 解重合(モノマー化)→再重合

同一/単一素材のプラスチックの処理に適している。混合プラスチックの処理には向かない。容リ法制定初期から技術としてはあったが採算性が問題で事業化された例はほとんどなかった。近年のプラスチック 3R 推進の動きを受け、世界各国で開発が進んでいる。近年では、主に PET ボトルを解重合→再重合処理する事業が進められている。日本環境設計㈱は、PET から中間体である BHET(ビス(2-ヒドロキシエチル)テレフタレー

ト)を選択的に抽出して高純度なモノマーを回収し、ボトルグレードの高い品質基準を満たす再生 PET 樹脂の製造を商業規模で事業化済である。

イ. 熱分解油化

混合プラスチック・汚れたプラスチックでも多少適応性がある。解重合→再重合と同様、技術はあったが開始後数年で撤退した事業もあった（札幌プラスチックリサイクル㈱等）。やはり、近年のプラスチック 3R 推進の流れの中、開発が進んでいる。なお、熱分解→焼却は熱回収扱い。

ウ. 合成ガス化

混合プラスチック・汚れたプラスチックの適応性に優れている。ガス化→焼却とガス化→アンモニア製造とがある。前者のガス化→焼却に関しては、以前は容り法においてもケミカルリサイクルとして認められていたが、現在は熱回収であるとされ、リサイクルとは認められていない。昭和電工が国内では唯一長期商業運転を行うプラスチックのガス化施設であることで知られているが、ガス化+エタノール化（微生物触媒）等の新しい試みも進められている。

エ. コークス炉化学原料化

混合プラスチック・汚れたプラスチックの適応性に優れている。日本製鉄㈱が国内では唯一長期商業運転を行うプラスチックのコークス炉化学原料化施設であることで知られている。コークス炉を使う再資源化事業で処理量を 2 割増やすため、廃プラを高密度化する技術を 2 年以内に開発する方針を掲げている。減容成形機で狭い口から効率良く取り出す技術と、そのために使う摩擦熱の温度を制御する技術により処理量を増やす試みである。

表 2-2-1-8 循環型ケミカルリサイクルの手法毎の一般的な特徴

手法	強み(特長)	弱み(課題)	CO2 排出 量削減効果	リサイクル性	廃プラ適応性
解重合(モノマー)→再重合	着色物・汚染物を除去しやすい 食品包装用途に使用可能	メカニカルリサイクルよりもコストが高い	検討無し	高い	やや低い
熱分解(油)→ナフサクラッキング 化	混合廃プラを使用できる 熱分解油をナフサクラッキングして PE、PP、PS をつくれる(クローズドループ)	ナフサ成分の選択率、収率アップ	中程度	やや高い ※燃焼はリサイクルと見なされない	中程度

手法	強み(特長)	弱み(課題)	CO2 排出 量削減効果	リサイクル性	廃プラ適応性
合成ガス化	廃プラや木質バイオマスを原料に使用可能 混合廃プラ中に PVC、PET が入っても問題ない。	純酸素のコストが高い 合成ガスの用途開発が必要	アンモニア： やや高い 燃焼： 中程度	やや低い ※燃焼はリサイクルと見なされない	非常に高い
コークス炉化学原料化	オイル(BTX)はプラスチック原料にできる <u>有害物の発生が無い</u>	生成物のコークス(高炉還元剤)とガス(燃料用)は <u>1 回使用</u>	高い	やや低い	高い

6) ケミカルリサイクルの今後の展望

ア. 前提方針

今後の前提として、プラスチックの焼却は避けることが原則である。現実的には、残渣・不適物処理が必要なため、サーマルリカバリーは残さざるを得ないが、基本的な方針ではマテリアルかケミカルによる処理が求められる。

イ. 技術開発・事業化の進展

これまで、ケミカルリサイクルの商業ベースでの実績はコークス炉化学原料化、合成ガス化、高炉還元剤に限られ、解重合・再重合や熱分解油化は商業的な実績が殆ど無かったが、近年においては、本業である石油関連企業が本格的に事業に参画してくるなど、技術開発・事業化への流れができつつある。

ウ. 混合プラスチックへの適正、スケールメリット

混合プラスチックをマテリアルリサイクルする場合、資源化に不適な残渣が大量に発生し、その処理が別途必要となるため、エネルギー資源消費の点では不利な面がある。また、中小事業者が多く、処理施設が小規模のため、コスト的にも不利な面が多い。一方、ケミカルリサイクル事業の施設は、分子レベルまで分解するため、混合プラスチックへの適応性が比較的高い。また、施設規模が大きいことで、コスト削減（低価格化）になることが期待できる。

エ. 元に戻す水平リサイクルの必要性

リサイクルにおいて、「元のプラスチック原料に戻す」ことは、消費者に対する説明でも説得力があり、プラスチックの原料を供給し、プラ製品を生産している業界にとっても、元の用途に戻す水平リサイクルにコミットすることが業界の責任として求められる時代となっている。

オ. 循環利用型ケミカルリサイクルの優位性の向上

混合プラスチック・複合素材プラスチック・汚れの多いプラスチックを、「元の用途に戻す」というリサイクルの観点から処理する場合に、ケミカルリサイクルの中でも、リサイクル性が高めで、廃プラスチック適応性も見込める循環利用型の手法が、経済的であれば、今後優位となっていくと予想される。熱分解油化はその一例である。

(4) 事業系廃プラスチックの処理施設での受入要求水準の把握：

事業系廃プラスチックのケミカルリサイクルプラントの開発状況の調査

1) 調査対象の選定

ア. 実施中のプラスチックのケミカルリサイクル事業の把握

企業のプレスリリース等の公開情報や、各種文献を基に、現在実施されているプラスチックのケミカルリサイクル事業を表 2-2-1-9 に整理した。

解重合―再重合と、熱分解（油）―ナフサクラッキング化に関しては、海外において非常に活発な開発・事業化が見受けられる。解重合―再重合では、Loop Industries（カナダ）と Indorama Venture（タイ）の米国合弁会社が 2020 年にプラント（能力 2 万 t/年）を稼働すると発表した。熱分解（油）―ナフサクラッキング化では、2018 年 12 月に、BASF 社（ドイツ）が PE/PP/PS を主体とする混合プラを無酸素条件で熱分解して得られたナフサをクラッキングして PE、PP、PS を再生するクローズドループのリサイクルを実施したことを発表した。その後、SABIC 社（サウジアラビア）、LyondellBasell 社（オランダ）、DOW 社（米国）、Shell 社（米国）がこぞって 2019 年に BASF と同様の熱分解法ケミカルリサイクルを自社のナフサクラッカーで行うことを発表した。

国内においても参入企業が増加していることがうかがえる。一方、合成ガス化、コークス炉化学原料化、高炉還元剤のケースでは、新規参入する企業は少ない（コークス炉化学原料化、高炉還元剤はそれぞれ一社）。

表 2-2-1-9 現在実施されているプラスチックのケミカルリサイクル事業

手法	概要
解重合(モノマー)― 再重合	三菱ケミカル(株)・キリンホールディングス(株)(PET ボトル) 住友化学(株)・(株)日本製鋼所(熱分解+モノマー化、アクリル樹脂) Ioniga(オランダ)(MEG 分解) 住友化学(株) (ポリオレフィン) 日本環境設計(株)・ペトリファインテクノロジー(株)(PET ボトルグリコール分解) 日揮(株)・帝人 三井化学(株)・マイクロ波化学(ASR, SMC) Loop Industries (カナダ)・Indorama Venture (タイ)(メタノール分解) Cabios・Toulouse Biotechnology Institute(PET 解重合酵素技術) Agilyx (米国)・Pyrowve(カナダ)(ポリスチレン)

手法	概要
熱分解(油)ー ナフサクラッキング化	ENEOS(株)・三菱ケミカル(株)(超臨界水技術) 三井化学(株)・BASF ジャパン 出光興産(株)・環境エネルギー(株)(HiCOP 技術) (株)アールプラスジャパン・32 社(流動床式触媒反応) BASF(ドイツ)・Recenso(ドイツ) BASF(ドイツ)・Quantafuel(ノルウェー) SABIC(サウジアラビア)・Plastic Energy(英国) Lyondell-Basell(オランダ)・Neste Oyj(フィンランド) DOW(米国)・Fuenix Ecogy Group(オランダ) Shell(米国)・Nexus Fuels (米国) OMV(豪州) Versalis(イタリア)
合成ガス化	住友化学(株)・積水化学工業(株)(微生物触媒) 日揮(株)・荏原環境プラント(株)・宇部興産(株)・昭和電工(株)(EUP) 荏原環境プラント(株)・宇部興産(株) (ICFG)
コークス炉化学原料化	日本製鉄(株)
高炉還元剤	JFE スチール(株)

イ. 対象事業者

前項で整理した、現在実施中のプラスチックのケミカルリサイクル事業のうち、「循環利用型のケミカルリサイクルを実施している事業」、「プラントでの実証が見込まれる事業」、「石油化学関連会社が参画する事業」を中心に 8 社の事業を選定した（表 2-2-1-10）。

表 2-2-1-10 調査対象事業者

調査対象事業者	共同企業及び事業	確認資料	アンケート	ヒアリング
A 社	・C 社+B 社+D 社: <u>加圧二段ガス化</u> ・F 社: <u>モノマー化</u> ・E 社: <u>熱分解油化</u> ・T 社+U 社: <u>ガス化+水素製造</u>	プレスリリース プレスリリース プレスリリース プレスリリース	○(一部) 無回答 無回答 無回答	○(一部) 無回答 無回答 無回答
H 社	・I 社: <u>ガス化+エタノール化+重合</u> ・V 社: <u>熱分解+メチルメタクリレート(MMA)モノマー化+再重合(アクリル)</u> ・W 社: <u>マテリアル+ケミカルリサイクル</u> ・J 大: <u>分解(オレフィン)+精製+再重合(ポリオレフィン)</u>	プレスリリース プレスリリース プレスリリース プレスリリース	○(一部) 無回答 無回答 ○(一部)	○(一部) 無回答 無回答 ○(一部)
K 社	・L 社: <u>超臨界水技術+熱分解油化</u>	プレスリリース	○(一部)	○(一部)
Q 社	・X 社、32 社出資: <u>熱分解+流動床触媒反応</u>	プレスリリース	○	不可
N 社	・O 社: <u>熱分解油化(石化プラント:スチームクラッカー等原料)</u> ・P 社: <u>マイクロ波技術によるモノマー化(ASR, SMC 製品)</u> ・Q 社:資本参加	プレスリリース プレスリリース プレスリリース	○(一部) 無回答 無回答	不可 不可 不可
R 社	・S 社: <u>接触分解油化</u>	プレスリリース	○(一部)	不可
C 社	・B 社: <u>内部循環流動床ガス化</u>	公開資料	無回答	無回答
Y 社	・Z 社: <u>モノマー化+再重合(ペットボトル)</u>	プレスリリース	無回答	無回答

2) 調査結果

調査対象として抽出した 8 社のうち、C 社と Y 社の 2 社を除く、6 社より回答を得た。

A 社、H 社、K 社の 3 社は調査票及びヒアリングから、Q 社、N 社、R 社の 3 社は調査票のみから回答を得た。

ア. 調査結果の概要

調査結果の概要を下記に示す。詳細については「資料編 IIIケミカルリサイクル事業実施企業に対する調査結果」を参照。

◇ (A 社) (調査票回答+オンラインヒアリング)

- ・ケミカルプラント、発電所などの設備の建設をするエンジニアリング集団である。廃プラのガス化については、B 社、C 社が 2000 年に開発した技術を 2003 年から D 社が商業運用をしているが、3 社から知見とノウハウを提供してもらい、ライセンス事業やプラントの建設業などを行っている。
- ・資源循環の分野ではガス化以外にも、E 社の技術提携による油化や F 社や G 社との提携によるポリエステルリサイクル化もしている。

◇ (H 社) (調査票回答+訪問ヒアリング)

- ・廃棄物由来ポリエチレンの事業化は I 社との共同事業であり、一般ごみとプラごみを分別しないで焼却場へ持っていくイメージからスタートしている。I 社の技術により、CO₂、H₂O を食べる菌を用いて廃プラの微生物代謝を行い、廃プラ由来のエタノールを生成する。それを H 社がエチレン化、さらにポリエチレン化してプラスチック商品とする。ごみを仕分ける努力をしないでリサイクルする技術として開発中である。

◇ (K 社) (調査票回答+オンラインヒアリング)

- ・油化設備は、元々は豪州 L(2)社開発のテクノロジー（様々な分解プロセスが有る）を利用したもの。このうちのプラスチック分解技術を M 社がプロセスとしてライセンス契約した。
- ・油化後はナフサとそれ以外の 2 種類が生成される。ナフサはクラッカーにダイレクトに使用し、石油由来のナフサと一緒にプラ製品の原料にする。ナフサ以外は製油所で原油と合わせて石油精製し、石油製品を作る。
- ・K 社と L 社とで有限責任事業組合を組んで事業化を進めている。施設は L 社の施設内に 2023 年度の中頃に稼働開始予定。
- ・施設の処理能力は年間 2 万 t を想定しており、産廃系のプラを想定（検討中）。
- ・高温・高圧の超臨界水を溶媒としている反応であるため、単純な熱分解と比較して固形分が生成しにくく油化収率が高い。

◇ (R 社) (調査票回答のみ)

- ・千葉事業所における使用済みプラスチックリサイクル事業化（S 社の技術を用いた分解方式）検討中。生成油を R 社千葉事業所の精製・石油化学装置にて処理し、プラスチック製品の原料化を図る。

◇ (N 社) (調査票回答のみ)

- ・O 社との共同での熱分解油化事業、P 社との共同によるモノマー化事業を研究室レベルで実験を行っている。その他、Q 社の事業への資本参加を行っている。

◇ (Q 社) (調査票回答のみ)

- ・流動床式触媒反応による変換事業では、研究室レベルで実験を行っている。一廃・産廃プラ、建築系・事業系排出、ベール形態及び RPF 形態、廃プラスチック区分、プラの種類は非限定。受入基準は、単純焼却や埋立に回っているプラの活用含めたフレキシブルな受入基準を検討中。原料プラの安定確保、既存石化工程との連携の観点よりプラント立地を検討中。

イ. 調査結果のまとめ：プラントによる実証を予定している事業

回答を寄せた 6 社のうち、既に商業レベルでのプラントが稼働中である A 社 A 社 (D 社) を除くと、残る 5 社はいずれもプラントでの実証事業を予定している。各社が採用したケミカルリサイクルの方式、処理フロー、技術的な特徴、プラントの概要 (稼働時期、規模、立地) を表 2-2-1-11 に示す。H 社と N 社の事業は詳細非公開であるが、その他の 3 社のプラントに関しては、いずれも年間 1 万トン以上の規模が想定されている。

表 2-2-1-11 回答企業によるケミカルリサイクル事業の概要

事業 参加企業	方式	フロー	特徴	プラント 稼働時期	プラント 規模	立地
A 社 ・B 社 ・C 社 ・D 社	廃プラスチックの部分酸化によるガス化リサイクル：加圧二段ガス化	プラ回収 (容器包装リサイクル法に従う) → ガス化 (酸素と蒸気による部分酸化) → 化学合成 → 製品化 (アンモニアやオレフィン等)	・不純物や複数の廃プラが混ざった雑プラも処理可能 ・2 段階のガス炉の採用により高い転換率を達成 ・世界で唯一長期の商業運転実績を有する	2003 年 4 月 操業開始	約 7 万トン / 年 (195t/日)	川崎市 D 社川崎事業所
H 社 ・I 社	ガス化 → エタノール変換 (ガス精製 + 微生物触媒) → エタノールからの脱水反応 → ポリエチレン重合	廃棄物 → <ガス化> → ガス (CO, H ₂) → <微生物代謝> → エタノール → <脱水> → エチレン → <重合> → ポリエチレン	<u>ごみを分別することなくガス化し、このガスを微生物により、熱・圧力を用いることなくエタノールに変換する生産技術の開発に世界で初めて成功。既存プロセスに比べ競争力のあるコストでの生産を実現・実証。</u>	2022 年 4 月 稼働予定	詳細非公開	千葉工場
K 社 ・L 社	超臨界水技術 + 熱分解油化	液化 (超臨界水技術) → 油化処理 → 石油精製装置およびナフサクラッカーで原料として使用 → 石油製品や各種プラスチックへと再製品化	<u>高温・高圧の超臨界水を溶媒とする反応。単純な熱分解と比較して固形分が生成し難く油化収率が高い。</u>	2023 年度に 廃プラスチックの油化を開始	年間 2 万トン	茨城事業所 (L 社)

事業 参加企業	方式	フロー	特徴	プラント 稼働時期	プラント 規模	立地
Q 社 ・X 社、 32 社出資	<u>熱分解+流動床触媒反応</u>	使用済み排出プラ→回収・分別→前処理→流動床式触媒反応による変換→既存石化化学品処理フロー→再資源化(ベンゼン・トルエン・キシレン・エチレン・プロピレンなど)	廃プラ原料を <u>ワンステップで所定の化学品(芳香族を多く含む)に変換可能</u> (従来技術では芳香族やオレフィン系の製品を得るには更なる分解処理が必要)	2020 年 6 月事業開始、2027 年操業予定	インプット量最大 <u>20 万トン</u> / 年 程度検討	京浜・京葉エリア想定
N 社	・O 社	<u>熱分解油化</u> (石化プラント: スチームクラッカー等原料)	熱分解油化→(石化プラント: スチームクラッカー等)の原料として使用	協業検討開始し、研究室レベルで実験しているが詳細非公開。	詳細非公開	詳細非公開
	・P 社	<u>直接(ダイレクト)原料モノマー化</u>	P 社が直接原料モノマー化→N 社が資源化	ASR や SMC の廃プラを <u>マイクロ波プラ分解技術で直接原料モノマー分解</u>	2021 年度ベンチ設備で検証、以後、実証試験開始	大阪府吹田市(P 社)
R 社 ・S 社	<u>触媒による接触分解方式</u>	S 社が廃プラスチックを油化→生成された混合油を R 社装置で再精製・合成し、プラスチックにリサイクル	触媒による接触分解方式により、 <u>従来技術では再生困難だった混合プラスチックのリサイクルが可能。</u>	詳細非公開(事業には 2019 年度から共同で取り組み)	年間 <u>1.5 万トン</u>	千葉事業所 R 社)

3) 廃プラスチックの処理施設での受入要求水準、受入単価・売却価格

ア. 廃プラスチックの処理施設での受入要求水準

本調査の主目的である、処理施設での受入要求水準に関して、対象企業に対して、「ロット数」、「荷姿」、「分別状況」、「汚れ」、「形状」、「サイズ」、「素材・樹脂種類」、「塩素濃度」について質問した。しかしながら、6 社中 4 社が情報を非開示とし、回答した 2 社においても、「一般的な容器包装プラスチックの組成に準ずる (A 社)」や、「樹脂種類、汚れ程度、混合物の確認が必要 (H 社)」など、定量的・具体的な回答は得られなかった。これらに関しては、「秘密保持契約がない」「詳細設計中」等の理由の他にも、調査対象として選定した企業自体が前処理後の油化や重合等のプロセスを受け持っていたり、ライセンス契約を担当しているなど、廃プラスチックが前処理施設に搬入される際の受入要求水準に関する知見を持ち合わせていなかったことも関係している。従って、本事業の計画時点で想定していた、処理施設での受入要求水準に関する事業レベルでの定量的なデータは、本調査によって得られなかった。

イ. 受入単価・売却価格

処理施設における廃プラスチックの受入単価や、リサイクル後に生成する資源物の売却価格等のデータに関する回答は、本調査によって得られなかった。これらに関しては、

受入要求水準と同様に、企業側が非開示の姿勢であったことが理由である。

（５）考察と課題

1) プラスチックリサイクルを取り巻く動向の把握

- ・前提方針：今後の前提として、プラスチックの焼却は避けることが原則である。現実的には、残渣・不適物処理が必要なため、サーマルリカバリーは残さざるを得ないが、基本的な方針ではマテリアルかケミカルによる処理が求められる。
- ・技術開発・事業化の進展：これまで、ケミカルリサイクルの商業ベースでの実績はコークス炉化学原料化、合成ガス化、高炉還元剤に限られ、解重合・再重合や熱分解油化は商業的な実績が殆ど無かったが、近年においては、本業である石油関連企業が本格的に事業に参画してくるなど、技術開発・事業化への流れができつつある。
- ・混合プラスチックへの適正、スケールメリット：混合プラスチックをマテリアルリサイクルする場合、資源化に不適な残渣が大量に発生し、その処理が別途必要となるため、エネルギー資源消費の点では不利な面がある。また、中小事業者が多く、処理施設が小規模のため、コスト的にも不利な面が多い。一方、ケミカルリサイクル事業の施設は、分子レベルまで分解するため、混合プラスチックへの適応性が比較的高く、生産物は高値で売却できる。また、施設規模が大きいことでコスト削減（低価格化）になることが期待できる。
- ・元に戻す水平リサイクルの必要性：リサイクルにおいて、「元のプラスチック原料に戻す」ことは、消費者に対する説明でも説得力があり、プラスチックの原料を供給し、プラ製品を生産している業界にとっても、元の用途に戻す水平リサイクルにコミットすることが業界の責任として求められる時代となっている。
- ・循環利用型ケミカルリサイクルの優位性の向上：混合プラスチック・複合素材プラスチック・汚れの多いプラスチックを、「元の用途に戻す」というリサイクルの観点から処理する場合に、ケミカルリサイクルの中でも、リサイクル性が高めで、廃プラスチック適応性も見込める循環利用型の手法が、今後優位となっていくと予想される。熱分解油化はその一例である（2-2-2で実証実験を実施）。

2) 事業系廃プラスチックの処理施設での受入要求水準の把握：事業系廃プラスチックのケミカルリサイクルプラントの開発状況の調査

- ・現状：プラスチックを取り巻く動向を反映し、解重合・再重合や熱分解油化等の、循環利用型のケミカルリサイクルの開発・事業化が盛んとなっている。

- ・調査結果：調査に協力した企業（循環利用型のケミカルリサイクル事業を実施）はいずれもプラントによる実証を予定（一部で既に実施）しているが、処理施設の受入要求水準や価格情報については非開示であったため、具体的な検討に繋がるデータは調査からは得られなかった。
- ・今後の課題：ケミカルリサイクルの前処理段階における諸情報（廃プラスチックの性状、施設の受入要求水準、価格情報等）に関して十分な知見を有する企業（リサイクルプラントを操業している企業等）に対して、今回行った調査と同様の項目を確認するなど、適切な調査対象を選定した調査を実施すると同時に、各種文献等で得られるデータ（素材・樹脂種類、塩素濃度等）も検討した上で、ケミカルリサイクルの処理施設に適正な受入要求水準を整理していく必要がある。

3) 回答企業によるケミカルリサイクル事業の実現可能性

回答企業によるケミカルリサイクル事業の実現可能性を評価した表を下記に示す。

表 2-2-1-12 回答企業によるケミカルリサイクル事業の実現可能性

事業 参加企業	方式	フロー	特徴	プラント 稼働時期	プラント 規模	立地	リサイクル 性	実現 可能性
A 社、C 社、B 社、D 社	加圧二段 ガス化	廃プラ回収 →ガス化 →化学合成 →製品化 (アンモニア、 オレフィン等)	・部分酸化による ガス化リサイク ル ・雑プラ処理可能 ・高い転換率 ・長期商業運転実 績	2003 年 4 月 操業開 始	約 7 万 t/ 年	D 社 川 崎 事 業 所	△	◎
H 社、I 社	ガス化 +エタノール 変換 +脱水反応 +ポリエチ レン重合	廃プラ回収 →ガス化(CO, H ₂) →微生物代謝 (エタノール) →脱水(エチレン) →重合(ポリエチ レン)	・熱・圧力を用いず エタノール変換	2022 年 4 月 稼働予 定	非公開	千 葉 工 場	○	○
K 社、L 社	超臨界水 技術 +熱分解油 化	廃プラ回収 →液化(超臨界水技 術) →油化 →原料使用 →再製品化	・固形分が生成し 難い ・油化収率が高い	2023 年度 廃プラ油 化開始	約 2 万 t/ 年	L 社 茨 城 事 業 所	◎	○
Q 社、他 32 社	熱分解 +流動床触 媒反応	廃プラ回収 →前処理 →流動床式触媒反応 →石油化学処理 →再資源化 (ベンゼン・トル エン・キシレ ン・エチレン・ プロピレン等)	・廃プラ原料を単 一工程で化学品 (芳香族等)に変 換可能	2020 年 6 月 事業開 始 2027 年操 業予定	約 20 万 t/年	京 浜・ 京 葉 エ リア	◎	○

事業 参加企業	方式	フロー	特徴	プラント 稼働時期	プラント 規模	立地	リサイクル 性	実現 可能性
N 社、O 社	熱分解油 化	廃プラ回収 →熱分解油化 →原料使用 (スチームクラッ カー等)	・研究室レベルで 実験中	非公開	非公開	非公開	○	△
R 社、S 社	触媒によ る接触分 解	廃プラ回収 →油化(混合油) →再精製・合成 →再資源化 (プラスチック)	・混合プラのリサ イクルが可能	2019 年度 事業開始	約 1.5 万 t/年	R 社 千 葉 事 業 所	○	○

2-2-2 原料供給のための中間処理のあり方の考察

(1) 背景と目的

1) ケミカルリサイクルの位置づけ

図 2-2-2-1 に示すように、東京都の廃プラスチックの内、30 万トンを 2030 年までに脱焼却する計画となっている。廃プラスチックには様々な組成があり、かつ、異物も含めた混合状態であることが多い。そのため、従来の中間処理に加えて、脱焼却化向けに原料品質を調整する機能が必要となる。脱焼却化処理としては、①マテリアルリサイクル、②ケミカルリサイクルがある。これらはプラスチックや原料に戻し再利用可能かことから循環型処理と言える。一方、従来の③RPF 化、④エネルギーリカバリー（焼却・エネルギー回収・発電）は焼却により二酸化炭素を排出し、再利用はできないことからワンウェイ型処理となる。このほか、異物として混入した金属類などの有価物は売却可能であり、また残渣（焼却・埋立）も発生する。

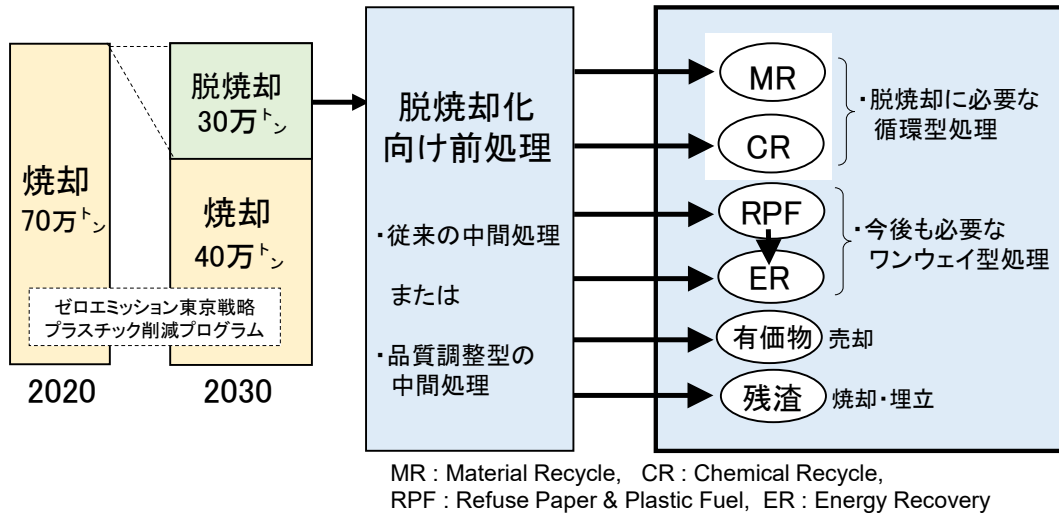


図 2-2-2-1 廃プラスチックの脱焼却・資源化の概念図（再掲）

30 万トンを脱焼却するとしても、当面は現在主流の③④が中核的な役割を担う。2030 年までわずか 8 年間で①②への負荷配分を増やしていくことが重要である。このため、発生している廃プラスチックを①～④に配分していくが必要になる。③④はすでにインフラがあり処理費も決まっているが、①②は、(1)分別収集コスト、(2)マテリアル・ケミカル施設の建設・運転費、(3)アウトプットのマテリアルやケミカル生産物の売却値によって、処理コストが変わってくる。特に、ケミカル方式は各種の方式が提案され、かつ、建設が予定されているものの、(1)(2)(3)の数値が不明であるため、品質調整後の廃プラスチックの購入価格は当分確定しない。

このため、品質調整型中間処理では、①マテリアルや②ケミカルへの仕分けを柔軟に変える機能が一層重要になる。①②だけでなく、暫定的には③RPF、④エネルギーリカバリーとも共存するので、品質調整型中間処理は幅広い廃プラスチックを現実的に処理する上

で重要である。

排出から再生に至る全体を見渡した上で、本事業では、循環型処理でありながら、現在空白となっているケミカル方式の可能性を探ることとした。その実験可能な技術として環境エネルギー社の熱分解触媒方式(Hi-COP)に着目し、実際に排出されている都内の中間処理の廃プラスチックを原料に油化実験を実施した（後述2）。①～④を視野に入れた品質調整の在り方については(2-3)で説明する。特に、図 1 の全体最適化は、廃プラスチックの収運・処理・再生の費用と売却益によって変化する。このため、多様な廃プラスチックの量と質に応じて対応できるプロセス構成が重要になる（後述3）。

2) 廃プラスチックの油化実証

廃プラスチックの焼却を削減し循環利用するための一方策として、ケミカルリサイクルが注目されている。様々な方式があるが、実用が見込める方式は限られている。各方式は受入品質に制約がある場合が多く、都内の代表的な廃プラに対して、どの方式が有望かは明らかにされていない。そこで、代表的な中間処理後の廃プラ品質をケミカルリサイクル向けに調整できる株式会社丸幸（以下「丸幸」と、廃プラ油化については受け入れ品質の間口が広いと予想される環境エネルギー株式会社（以下「環境エネルギー社」）の触媒方式に着目した。これらが実証されれば、東京都の廃プラ油化の可能性が見えてくると考えられる。

丸幸では、図 2-2-2-2 実証概要図に示すように、対象となる排出者から排出された廃プラスチックを一次中間処理施設（品川運輸）の協力を得て、これまで焼却業者に委託されていた二次中間処理物をこちらで指定した二次中間処理施設（丸幸）にて再中間処理を実施した。二次中間処理施設の丸幸では、主に製紙会社等で石炭代替燃料として使用する RPF 製品（Refuse derived paper and plastics densified Fuel の略称）を製造している。また同施設ですでに実績のあるケミカルリサイクル事業者向けに品質調整型の処理をしている物と同様の調整で扱えるかの検討を実施した。そのうえで、同じ対象物を油化実験実験施設（環境エネルギー社）で油化することで、使用可否の可能性や課題について評価検討を実施した。

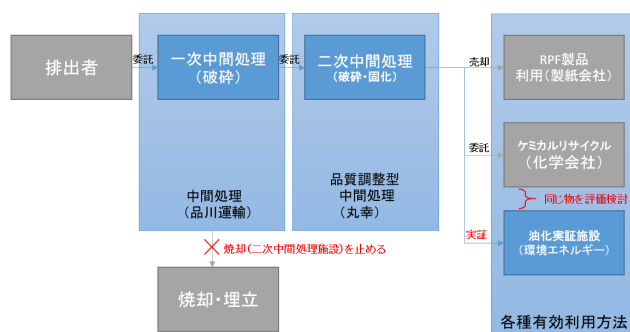


図 2-2-2-2 実証概要図

油化実証実験施設の環境エネルギー社では、廃プラスチック油化事業を手掛けており、HiCOP（ハイコップ）方式による油化装置を活用したケミカルリサイクルの事業化を進めている。HiCOP（ハイコップ）方式とは、東大／北九州市立大学名誉教授であり、HiBD研究所の藤元所長の特許技術である触媒による接触分解の方式である。触媒を使用して廃プラスチックを油化すると従来の熱分解方式と比較して、低温で早く分解するため高品質な炭化水素油（ガソリン、ナフサ、灯油、軽油分の混合油）を生成する特長がある。この技術を活用して出光興産株式会社と廃プラスチックリサイクルは、出光興産株式会社千葉事業所内で実証検討が進められている。

3) 品質調整型中間処理の考察

油化実証施設での結果を踏まえて、ケミカルリサイクル施設で求める品質に調整できる中間処理施設の例として、環境プラント総合エンジニアリング企業（A(2)社）と処理機械の選定、また、処理機械の配置を検討し、設備フローとしてとりまとめた。設備フローは、(1)対象となる廃棄物性状を出来る限り幅広く取扱いできるようにすること、(2)ケミカルリサイクルを手掛ける企業の品質要求に出来る限り対応できるようにすること、(3)安定操業を念頭に、ひとつのモデルとして構成を検討した。

（２）実施方法

1) 発生源と排出物の分類と整理

今回対象の廃プラスチックは、都内で発生する代表的な事業系廃プラスチックとした。事業系廃プラスチックとは、都内の商業施設、オフィスビル、物流拠点等で事業に伴って発生する産業廃棄物である。品川運輸ではこれらが約9割を占める。受け入れている廃プラスチックは、生産工場等の、一定の生産品目の端材等が連続して廃棄されるような発生源とは違い、様々なプラスチックの種類が混在している。つまり、現実には発生している代表的な廃プラと考えられる。さらに、シール等の付着物や飲食店で発生する食残付着物などが混在しており、従来は焼却処分されることが多い。これらの性状のものを焼却せずに、資源循環するには再資源化手法別の受入基準に合わせる品質調整型の中間処理施設が必要となるため、二次中間処理施設を設けることとなる。

一次中間処理施設（品川運輸）の処理フローは図2-2-2-3で示す通り、受入後、展開検査を実施して、危険物や異物（金属や段ボール）などの混入をチェックする。展開検査終了後、破碎処理を実施、その後、磁選機にて磁性物を除去や手選別により異物を除去し、最終的に破碎物をパッカー車に積載し出荷している。今回の対象となる排出物はこれらの一次中間処理された廃プラスチックを対象とする。異物は対象から除外した。例として、著しい植物性残渣が付着した廃プラスチック、安全靴やコード類などの金属の除去が難しい廃プラスチックやバッテリーなどの危険物が挙げられる。

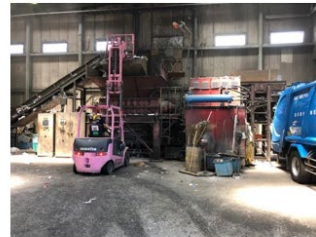
◆処理フロー



・展開検査、破碎



・選別(手選別・磁選)



・パッカー車にて出荷

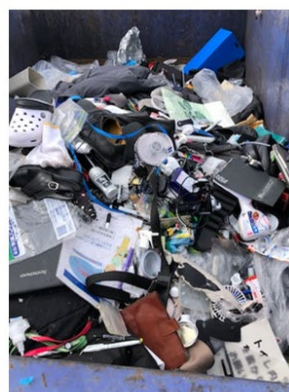
◆異物の例



・食残付着(ソース、肉、魚の汁など)



・安全靴、コード、金属付着物など



・バッテリー、電池等の危険物

図 2-2-2-3 一次中間処理施設 (品川運輸)

2) 処理可能性を探るための実証 (サンプル試験)

対象とした廃プラスチックの一次中間処理後の廃プラスチックを図 2-2-2-4 の通り丸幸へ搬入した。通常、丸幸での廃プラスチックの処理方法は、RPF (化石代替燃料) の原料として破碎、成型し有価物として売却している。RPF の原料として適さない物はケミカルリサイクル (化学会社 D 社) や焼却処分の委託を行っている。本事業ではケミカルリサイクル事業者へ搬出する品質調整を実施した。



図 2-2-2-4 二次中間処理施設への搬入 (丸幸)

丸幸で使用した施設を図 2-2-2-5 の二次中間処理施設（丸幸）で示す。破碎機、定量供給機、成型機とこれらを連続運転するための付帯設備から構成されており、特に特徴的なのは成型機で最終的にケミカルリサイクルされる際に必要な基準に沿えるよう成型物（図 2-2-2-6 成型物参照）を製造している。



図 2-2-2-5 二次中間処理施設（丸幸）



図 2-2-2-6 成型物

既存のケミカルリサイクル事業者向けの搬出フローで取扱いの可否を判断するためには、二次中間処理施設（丸幸）で定められている受入基準（16,000ppm 以下）の塩素含有量を測定する必要がある。サンプルを 10 ロット以上に分割して塩素濃度を測定した結果、平均で約 11,000ppm 程度であり、問題ないことを確認した（図 2-2-2-7 塩素分析結果）。

油化実験時には、製造した物のなかからランダムに約 10kg のサンプリングを実施し、油化実証実験施設（環境エネルギー社）で油化の実証実験を行うために、均質化しかつ実験装置への投入しやすくするために 5mm 以下に粉碎した上で油化実証実験施設（環境エネルギー）に提供した（図 2-2-2-8 提供サンプルの作成）。

日付	試料情報		Cl
	品名	品番	濃度
2021/12/21	環境エネルギー提供分	サンプル1	12,913
		サンプル2	7,196
		サンプル3	10,057
		サンプル4	10,168
		サンプル5	15,184
		サンプル6	9,464
		サンプル7	10,726
		サンプル8	17,176
		サンプル9	17,183
		サンプル10	11,320
		サンプル11	6,035
		サンプル12	8,917
	平均値		11,362



蛍光X線分析機



測定風景



検体外観

図 2-2-2-7 塩素分析結果 （単位：ppm）



図 2-2-2-8 提供サンプルの作成

油化実証実験施設（環境エネルギー）では図 2-2-2-9 の装置を使用してバッチ方式により触媒を使用せず油化の実験を実施した。バッチ方式による処理工程では、反応器（マントルヒーター）に事前に検体を入れ、常温から緩やかに昇温し、油が生成するまで搾油を実施する。このため、油等の性状変化ごと、また任意の温度帯ごとに採油することができる。

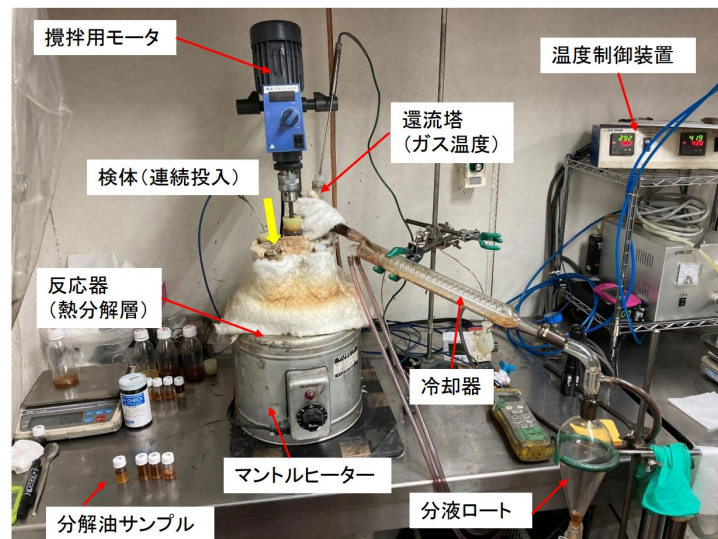


図 2-2-2-9 バッチ方式による油化装置 (環境エネルギー提供)

(3) 実施結果

上記の結果、比較的良質な油の搾油が約 35% 出来た (図 2-2-2-10)。しかしながら、収率がやや低く、水分の発生が多いことが分かった。これらを解決するため、(1)触媒を使用し収率を向上させることと、(2)水分を削減するため事前にサンプルを乾燥 (110℃で 14 時間乾燥し約 15% の水分を減少) させ、触媒を使用し搾油する方法を実施した。また、実プラント操業を模擬して、バッチ方式から連続投入方式に変更し搾油を実施した。(図 2-2-2-11)

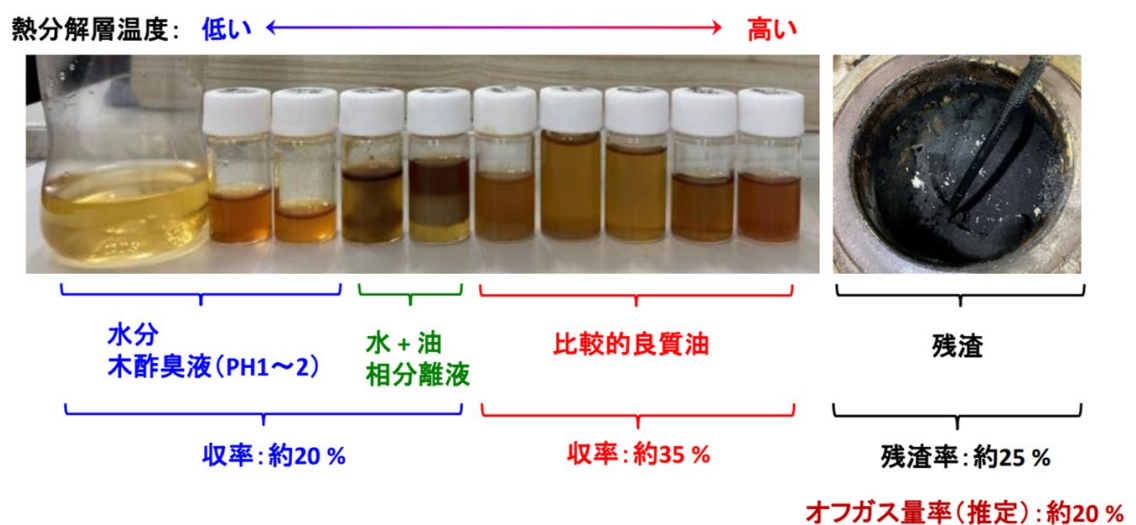


図 2-2-2-10 バッチ方式の結果 (環境エネルギー提供)

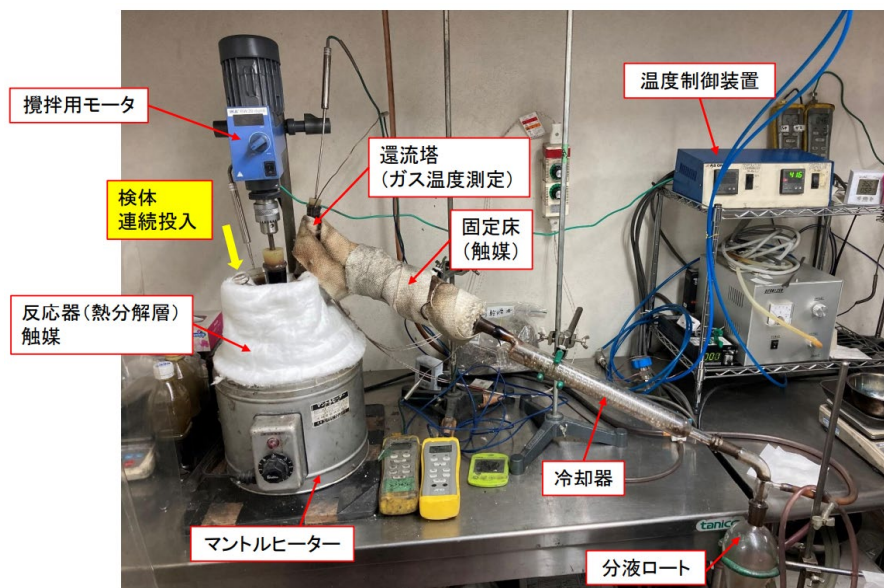


図 2-2-2-11 連続投入方式による油化装置 (環境エネルギー提供)

この結果、図 2-2-2-12(a)～(c)の結果に示す通り、低沸点分（ナフサ留分）約 70 % の良質な分解油が搾油でき、更に約 43 % まで収率が向上した。一方で、水分も約 13 % まで減少したものの乾燥処理を行ってもなお約 13 % 発生することが分かり想定より水分の低減に繋がっていないことや炭化率約 18 % と残渣の発生量がやや多いことが分かった。炭化の由来は紙や木によるものと考えられる。品川運輸から受け入れた物の含水率 15 % を除去したものを 100 としたときに油化収率は約 43 % となった。



黒色のサラッとした石油相当液体（比重 0.883）

図 2-2-2-12(a) 連続投入方式による結果 分解油外観（環境エネルギー提供）

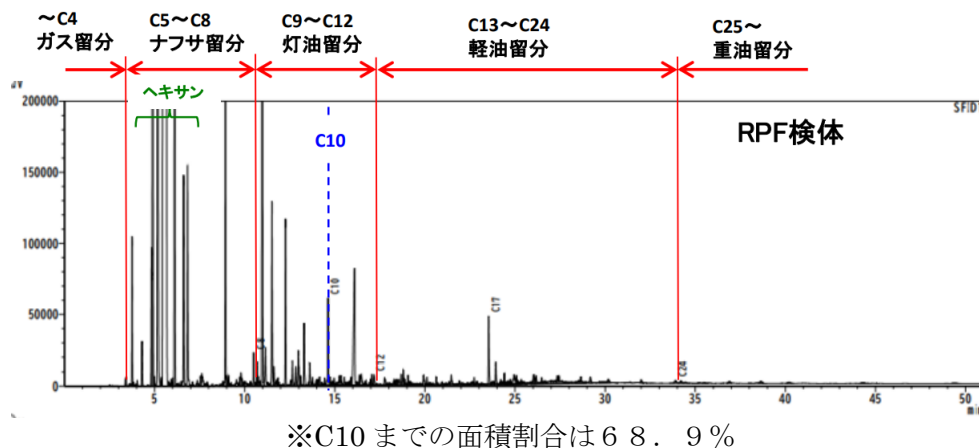


図 2-2-2-12(b) 連続投入方式による結果 ガスクロ分析（環境エネルギー提供）

分解油	%	43.1
水分	%	13.2
炭化物（薬包紙含む）	%	17.7
オフガス量	%	26.0

図 2-2-2-12(c) 連続投入方式による結果 マテリアルバランス（環境エネルギー提供）

また、ケミカルリサイクルを事業として行う上では、経験的に図 2-2-2-13 に示すように、①②有機・無機塩素濃度、③窒素濃度、④酸素量が重要であることがわかっている。特に①有機塩素濃度に関しては油化前のサンプル分析では 11,362ppm であったが、これと比較して大幅に減少した。このことから、HiCOP 方式では触媒が塩素除去に有効に働くことが明らかになった。②無機塩素に関しては、ケミカルリサイクルの工程では油化工程以降に除去可能なため特に問題とならないが、有機塩素濃度で 300ppm の塩素が残存している。ケミカルリサイクルに必要な評価基準については、商業化に向けた検討段階のため非公開ではあるが、塩素残存量が高いこと、炭化率が高いこと、水分が多いことの3点が課題であることを確認した。

なお、これらの課題は油化工程や前処理で解決することも可能であるが、最低でも廃プラスチック以外の木や紙の混入は事前に分別する必要がある。

分析項目	単位	触媒あり	触媒なし
① 有機塩素濃度	mass ppm	300	2,800
② 無機塩素濃度	mass ppm	77	16
③ 窒素濃度	mass ppm	1,500	1,200
④ 酸素量	mass %	2.3	5.0

図 2-2-2-13 分析結果 （日本海事検定協会理化学分析センター）

(4) 考察と課題

1) 処理技術の組み合わせ、処理技術に対応する前処理や品質調整の在り方の考察・提言

以上の油化実証実験の結果を踏まえると、(1)3点の課題（塩素残存量が高い、炭化率が高い、水分が多い）、(2)油化施設の受入条件が未確定のため希望荷姿が確定していないこと及び、(3)廃プラスチックの性状が幅広いことが課題である。これらの課題に関して、対策と対応する処理機械を図 2-2-2-14 に整理した。図 2-2-2-14 に示す通り、塩素残存量の要因となる塩素系樹脂や炭化率の要因となる紙や木の除去に関しては光学選別機が有効である。また水分は水分付着や食残の付着の除去が必要なため乾式洗浄機が有効である。これらの処理機械の性能を発揮させるには、廃プラスチックの性状を揃える事が必要で、これには比重選別機が有効である。

課題	対策	対応する処理機械
(1)塩素残存量が高い	塩素系樹脂の除去（分別）	光学選別機
(1)炭化率が高い	紙、木の除去（分別）	光学選別機、ロボット
(1)水分が多い	水分付着、食残付着の除去	乾式洗浄機
(2)油化施設の希望荷姿が未定	成型若しくは圧縮梱包	成型機、圧縮梱包機
(3)廃プラスチック性状が幅広い	比重で分けてから選別する	比重選別機

図 2-2-2-14 処理機械の選定

処理機械とその配置を環境プラント総合エンジニアリング企業（A(2)社）と検討した。同企業は廃棄物の破砕機や選別装置など幅広く設計、製造している。

まず、処理対象となる廃プラスチックは、(1)包装材などフィルム系を中心とした軟質廃プラスチックや製品などを中心とした硬質廃プラスチックが混合した廃プラスチック（以下、混合プラ）、特に品質影響がなく分別が必要のない(2)単一的な廃プラスチック（以下、単品プラ）、(3)著しく水分が多く付着しているものや食物性残渣が付着している廃プラスチック（以下、食残付プラ）の3種類に大別され、投入口も別々に設けるのが良いと考えた。(1)混合プラは、投入されると比重差によって比較的軽い物と重い物に分けられる。塩素残存量の低減や、紙・木の除去のために、軽量物は光学選別機械を利用して自動的に除去する。重量物は人手によって除去する。(2)単品プラの処理では、金属やガラス、陶磁器くず等の異物除去を目的として風力選別ライン、磁選機を設置した。(3)食残付プラの場合は、破砕した後に乾式洗浄機を設置し、付着物を除去する。これらの異物除去工程を経て、成型機で成型物として搬出するか、圧縮梱包物として搬出するか選択することが可能となる構成とした。

図 2-2-2-15 に、上記3種類のプラスチックの性状別の処理フロー、及び、RPF 製造設備の処理フローを示す。

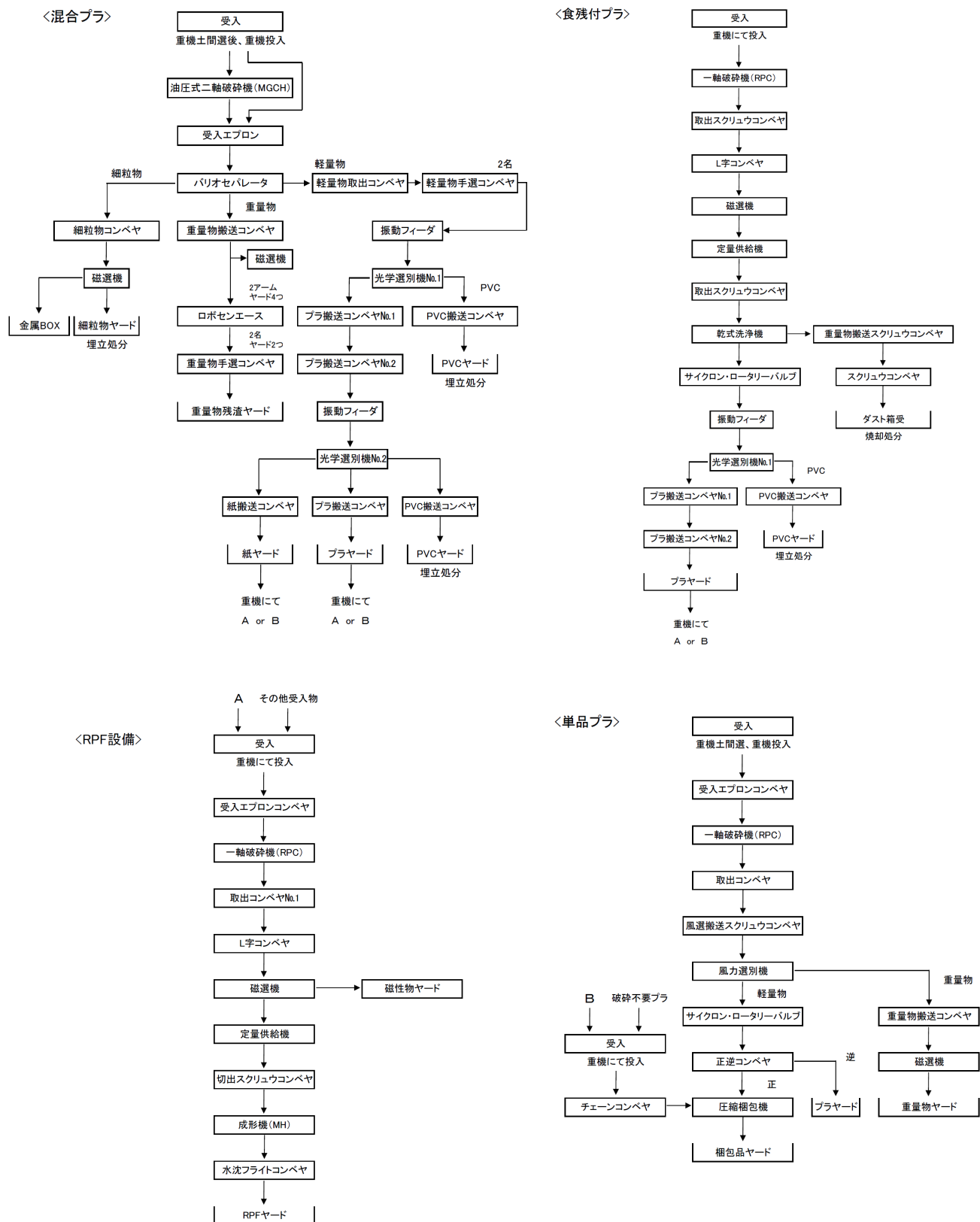


図 2-2-2-15 処理フロー

今回対象とした廃プラスチックは、実証実験により得られた分解油の性状、収率共に、ケミカルリサイクル事業の実現に寄与できるものであると考えられる。また想定される課題点に関しても、品質調整型の中間処理施設のモデルで一定の解決が出来ると考える。この品質調整型の中間処理施設のモデルは、今後新たにケミカルリサイクルに事業参入を計画する企業にとっても共通の課題解決が出来る有用な施設であると考ええる。

なお、本事業では環境エネルギー社向けの品質調整について検討したが、ケミカル方式だけでなくマテリアル方式、RPF 製造、従来型の焼却施設への原料を供給できる前処理が一層重要になる。今回の経験を生かせばそれは可能になると考える。

2) 品質調整型中間処理の考察と位置づけ

本事業では「品質調整型中間処理」と表現したが、様々な廃プラスチックをケミカルやマテリアルリサイクルに向けて仕分け・選別するという意味では「ソーティングセンター」と表現することもできる。このソーティングセンターは(1)様々な品質の廃プラスチックを受け入れて、(2)一か所で用途別に大量に仕分けできる設計とした。排出事業者と収運業者の要望でもある(1)とソーティングセンター事業者の経済性向上の(2)を同時に高めるものである。

また、プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法（プラスチック資源循環法）では、一般廃棄物と産業廃棄物の同時輸送や処理を想定しており、経済性をより高めることが期待される。

3) DX 技術との連動

本事業で実施する取組は、排出段階からの廃棄物（資源）のデジタル化を初めて試行し、同じく廃棄物処理分野では実施例のないブロックチェーン技術を実証した。これにより、廃棄物だけでなく有価物も含めたトレースに道を拓く一助にすることができた。

その意味について再度説明する。マテリアルにせよケミカルにせよ、(1)再生原料を使用する先進的製造業ではその由来を知りたいという要望が聞かれ、(2)先進的排出事業者からリサイクル先を知りたいという要望がある。(1)(2)の両要望に応えるためには、収運から処理・再生に至るトレースが必要で、各情報を極力自動化するための方法として RFID とブロックチェーンを採用した。したがって、ケミカルに限定したことなく、マテリアルにも同様のことが必要になると考えている。その意味で、本事業で実施した DX を汎用技術として位置付けている。

3 今後の展望

3-1 資源循環トレース高度化可能性調査

- ・RFID の個体管理の実証事業では、RFID システムの導入によって、収集運搬事業における手間を減らし、事業の効率化に繋がる道筋が示された。実証事業に参加した排出事業者の間では、RFID タグ添付による排出方式について約 7 割が肯定的な反応であった。今後は、システム運用における精度を高めるとともに、排出事業者への適用を進めるための課題を検討していくことが必要である。
- ・ブロックチェーンによる廃棄物（資源）の追跡管理事業では、収集運搬から二次処理（最終処分、再生）先での受入れに至るまでのフローを見える化することができた。今後のブロックチェーンの実装の普及には、導入者に対するインセンティブの付与や、社会的な機運の高まりが重要となる。
- ・資源循環の実態把握による書類作成支援（RPA）事業では、実績等のデータを用いて、再利用計画書の中の実績報告書を作成できることが確認できた。排出事業者に関しては、大中規模事業者の事務効率化に寄与できると考えられる一方で、小規模事業者に関しては、今後の社会的要請の高まりが利用者増加の鍵を握っていると考えられる。

3-2 廃プラスチックの循環型ケミカルリサイクルの可能性調査

- ・循環型ケミカルリサイクルの公開情報調査・ヒアリング調査の結果を踏まえると、近年におけるプラスチックの脱焼却の流れを汲み、熱分解油化のような循環利用型のケミカルリサイクルが今後は優位となっていくだろうと予測される。
- ・原料供給のための中間処理のあり方の考察では、実証実験により、事業系の廃プラスチックを原料として、良質な油を搾油することができた。また、廃プラスチックの性状ごとに異なる前処理施設の処理フローを提言した。今後は、新たな廃プラスチックのケミカルリサイクル事業を起こす場合の処理・設備のモデルを構築することが予定されている。

3-3 本事業を実施したことの意義

近年、リサイクル・廃棄物処理システムを社会基盤として維持・発展させ、「持続可能な資源利用」を実現することが喫緊の課題となっている。住民だけではなく、排出事業者に対しても、廃棄物の発生を抑制し、資源化・適正処理を図ることが、社会的な要請として益々強く求められる時勢となってきている。

排出事業者側からすると、大中規模の事業者には、実績報告書や再生利用計画書等の提

出によって、発生抑制、資源化・適正処理を行うことを推し進める社会的な仕組みが存在している。それに対して、小規模の事業者には、これまではそうした仕組みが存在していなかった。仕組みの無い状態で小規模の事業者が大中規模の事業者と同様の取り組みを行うのはハードルが高く、意識の高い事業者でないと継続は難しい。

本事業において実施した「IoT 技術を駆使した資源循環の見える化」や、「混合プラスチックのケミカルリサイクル（熱分解油化）の実証」は、これまで廃棄物の発生抑制や資源化・適正処理にあまり積極的ではなかった排出事業者に対しても、比較的容易に取り組むことができる社会システムを提供するものである。小規模の事業者にとっては、「持続可能な資源利用」に寄与するための有効なツールとして利用し得る。その一方で、廃棄物の発生抑制、資源化・適正処理を推進する社会的な仕組みが存在しても、それに参画する意識を持った排出事業者がいなければ、「持続可能な資源利用」の取り組みは進まない。排出事業者の意識の向上と、社会的な仕組み発展の相乗効果によって、実現可能となる。

排出事業者にとって、廃棄物がどれだけ出たか、それがどこでどうやって処理されるかを把握することが重要であり、今回はその両方に見える化する仕組みの構築を企図した。排出事業者が単に価格だけで収運／処理業者を選ぶのではなく、処理フローが「見える化」されて、適正な資源の循環利用を行うことに付加価値があるとみなされて、処理費用が高くとも選ばれるような社会への転換を促す一助になると考える。

また、社会的な要請のもと排出事業者の意識づけが求められる中で、廃棄物や資源の収集運搬業者、中間処理業者、リサイクル事業者といった静脈サイドにとっても、処理フローの見える化や循環利用型リサイクルの実行など、持続可能な社会システムとしての仕組みを実装することが必要とされてきている。そのことによって、環境配慮設計の促進や、天然資源の使用の抑制、新たな雇用・産業の創出等に繋がり、ひいてはサーキュラー・エコノミーの実現に寄与できると期待される。

資料編

資料Ⅰ エチカ表参道ヒアリング結果

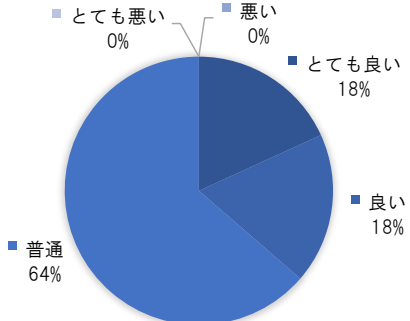
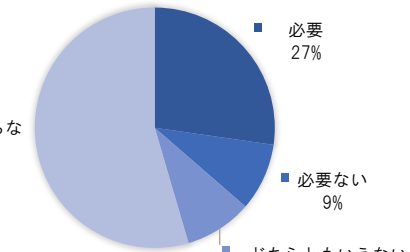
- 実施日：2022年2月9日（水）配布
- 回答方式：選択式（記述箇所あり）
- 対象店舗：全19テナント
- 回答率：73%（11テナント）※2022/03/03 現在
- 回答テナント一覧

洋菓子ヒロタ	AMPHI	エッグセレント
Ms Style 表参道	アトリエはるか	マルシェ・ドゥ・メトロ
表参道 Echika frivole	DEAN & DELUCA	ジャン・フランソワ
ラブラリーバイフェイラー	クレイジーヌハビッツ	

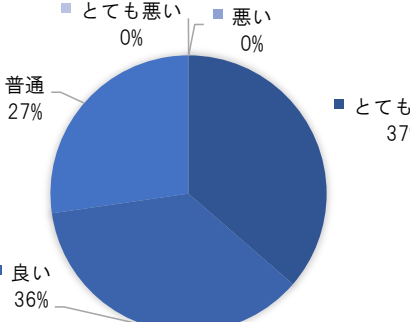
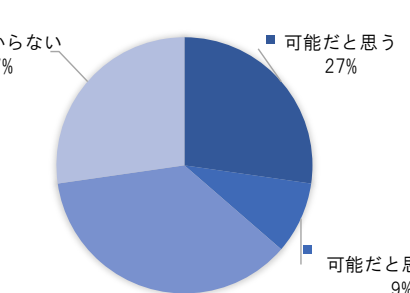
1. RFID タグ添付による排出方法について

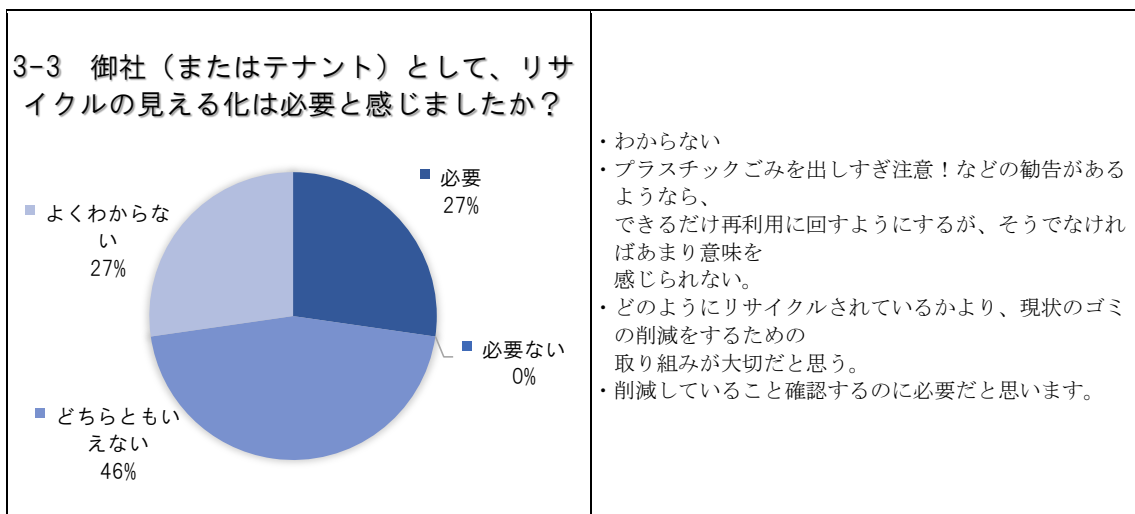
1-1 RFIDによる排出方式はどうでしたか？ ■ とても悪い 0% ■ とても良いと思う 46% ■ 良い 27% ■ 普通 27% ■ 悪い 0%	・マジックで番号を書く場合、書いてあるかどうか分からない場合があります、シールの方がわかりやすい。貼るだけなので、時短になるから。 ・自店はその日の売上によって不燃ごみ（ビニール）の量が多く、70Lを2、3個出すときもあるので、手書きよりも素早くゴミ捨てにできて良かった。 ・以前の袋に記入と比べ、シールを貼るだけで若干手間が減りましたが、どちらでも問題無いと思います。 ・コロナが流行っている中で、ゴミ袋にペンで書くよりもシールを貼るのが気持ち的にも衛生的にも良いと思います。 ・特にメリットを感じなかった、不便とも思わなかった。
1-2 今後も使いたいと思いますか？ ■ 使いたくない 0% ■ 是非使いたい 37% ■ できれば使いたい 36% ■ どちらともいえない 27% ■ できれば使いたくない 0%	・シールのほうが貼り忘れは少ないと思うのでゴミが多く出るのを助かる ・現状のまま、もしくは店長会でもお話がありましたが、袋に既にシールが付いている状態にできるのであれば、より作業が楽になり助かります。 ・現在特に問題点はないので、館の意向に沿いたい ・可視化することはいいいことなので、今後もやっていきたい ・楽だが、発注する手間があるため、ご説明があったように今後、袋に予め貼ってあると、より良いと思う。 ・とても楽だし、貼るだけなので、手も汚れないのでとても良いです。 ・決定したやり方に従います。 ・どちらでも問題ありません。

2. 廃棄物のトレース、排出量の自動集計、見える化について

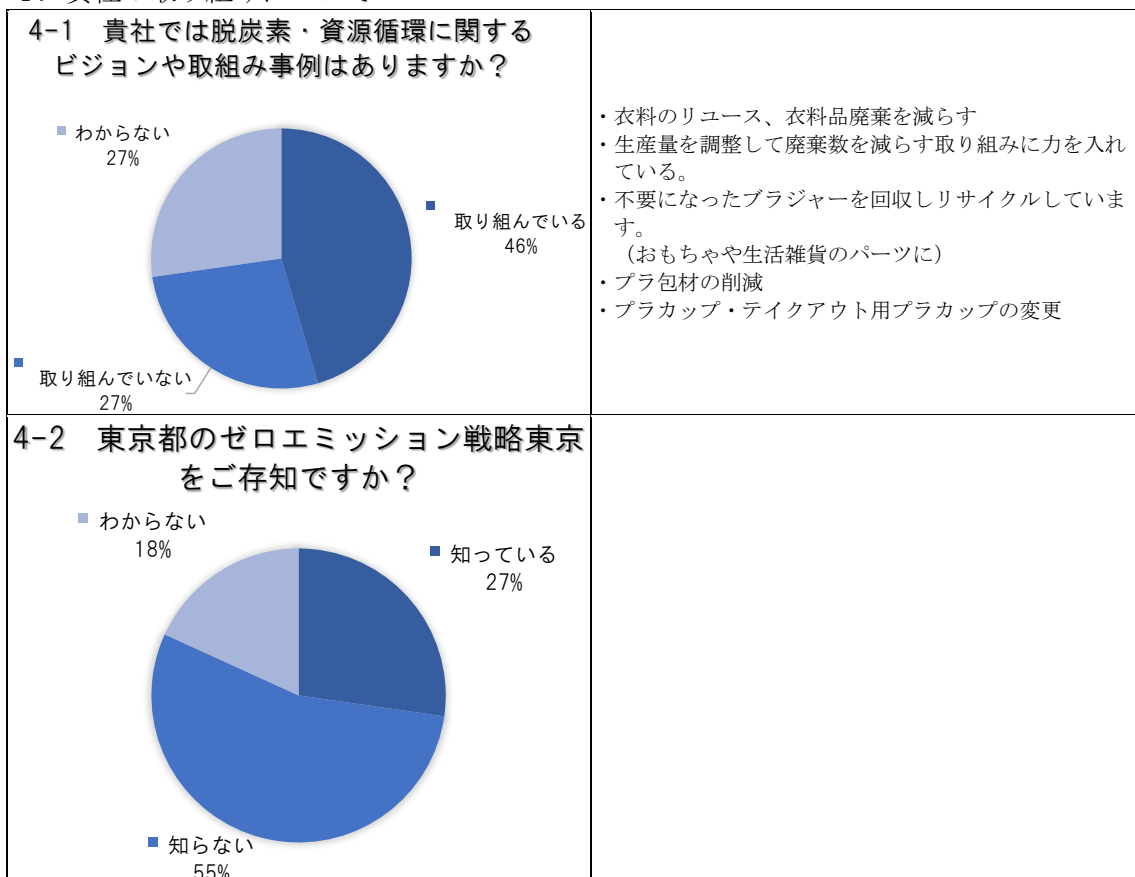
2-1 サンプルをご覧いただいたご感想をお答えください。  ■ とても悪い 0% ■ 悪い 0% ■ とても良い 18% ■ 良い 18% ■ 普通 64%	・これによって会社として何を変えるかわからない ・量については参考になるが、他店と比べて自店の量が多いか、少ないかわからないのでなんとも言えない ・自店では、出るごみの種類が少ない ・分別をしっかりしようとする意識につながるあったほうがいいと思う。 ・削減していることを確認するのに必要だと思います。 ・今のところこのデータを活用し、店舗にての活用方法がわからないため
2-2 御社（またはテナント）として必要性を感じましたか？  ■ よくわからない 55% ■ 必要 27% ■ 必要ない 9% ■ どちらともいえない 9%	・お店のごみがどのくらい、どのようなものが主なのか見えるのはいいと思う ・見えることで何がメリット・デメリットなのかが、イマイチ理解しづらいです。 ・わかりやすいです ・あまりわかりやすいものではなかった ・他の会社様を見たわけではないので、良いとも悪いとも感じませんでした。 ・自店のサンプル見てないので、わからない状況です。

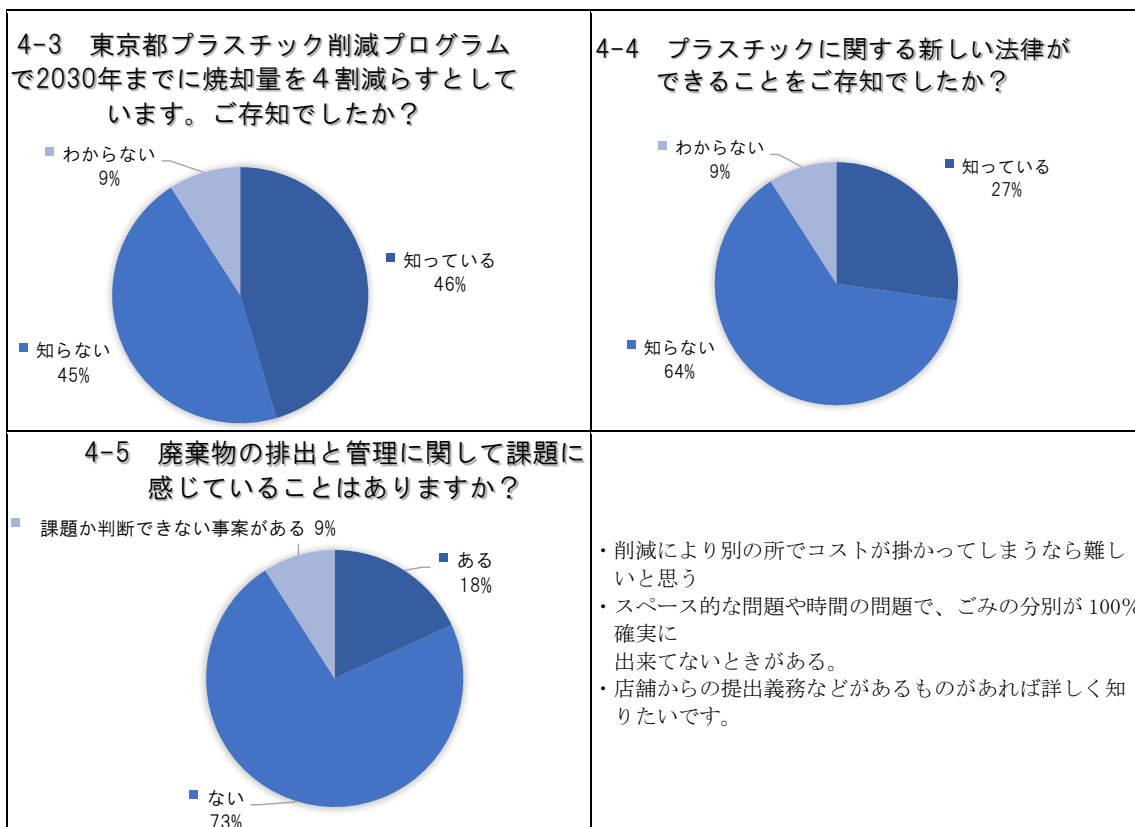
3. 可視化による SDGs 活動促進の可否

3-1 可視化・見える化された情報を見てどう思いましたか？  ■ とても悪い 0% ■ 悪い 0% ■ とても良い 37% ■ 良い 36% ■ 普通 27%	・可視化されるのはいいと思うが、そこまでゴミの量が多くないので・・・ ・環境保護につながるのならいいと思う ・排出量について参考になる ・見る機会がなかったなので、まとめて頂くと考えるきっかけになった ・どれだけゴミを出しているかを認識することは大切だと思う。 ・法制化されることなので、早めに対応することは重要だと思います。 ・可視化によりリサイクル率がわかり、どの程度環境に配慮しているか分かるのはいいと思います。
3-2 可視化された情報の活用は可能だとお考えですか？  ■ よくわからない 27% ■ 可能だと思う 27% ■ 可能だと思わない 9% ■ どちらともいえない 37%	・活用できると思うが、ゴミの量が多くないのでそこまでなにかする必要もないと思う。 ・わからない ・なると思うが、自店では思いつかない ・未来のリサイクルに役に立つと思う。 ・ごみの削減が見えることで、まずはゴミを出さない取り組みや工夫が生まれると思う。 ・まだよくわかりません。法制化で何か提出があるのであれば活用したい。 ・今のところ、店舗では活用方法が不明です。



4. 貴社の取り組みについて





資料Ⅱ RFID 個体管理実証事業の視察（エチカ表参道）

エチカ表参道における RFID 個体管理実証事業を下記の通り視察した。

視察日時：令和4年1月27日（木）11:00～13:00

視察場所：東京メトロ表参道駅・エチカ表参道

参加者	所属・職名
川村 和裕	株式会社メトロプロパティーズ プロパティマネジメント事業部 リーダー営業担当
西沢 潤	白井グループ株式会社 営業企画部 課長
本木 美果	白井グループ株式会社 営業企画部
佐野 卓也	白井グループ株式会社 業務部
工藤 貴明	小僧c o m株式会社 セールスエンジニア リーダー
塚田 泰久	東京都環境局 資源循環推進部 計画課 統括課長代理（計画担当）
佐久間信一	株式会社ダイナックス都市環境研究所 代表取締役社長
糠澤 琢郎	株式会社ダイナックス都市環境研究所 主席研究員

視察内容：

（１）エチカ概要の確認・施設見学

- ・施設・店舗配置・廃棄物保管庫位置等の確認

（２）廃棄物荷上作業視察

- ・地下作業（梱包、構内移動、階段持ち上げ等）
- ・地上作業（読み取り、パネル表示の確認、積み込み等）



廃棄物保管庫（厨芥類）



RFID タグ（ロール）



RFID タグ（裏面）



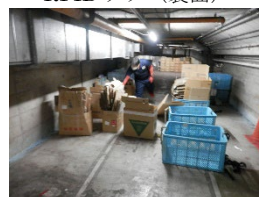
廃棄物保管庫



可燃ごみ（タグ貼付済）



不燃ごみ（タグ貼付済）



地下作業（梱包）



地下作業（構内移動）



地下作業（階段持ち上げ）



RFID リーダー



リーダーでの読み取り



パネル表示の確認

資料Ⅲ ケミカルリサイクル事業実施企業に対する調査結果

プラスチックのケミカルリサイクルにかかる質問票：A社

質問1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業

[事業の名称] 廃プラスチックのガス化技術のライセンス販売
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式] 廃プラスチックの部分酸化によるガス化リサイクル
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー]
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [A] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている (行っていた)。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている (行っていた)。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 []

質問2. プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報

[処理プラントの名称] 川崎プラスチックリサイクルプラント
[処理プラントの所在地] 神奈川県川崎市
[操業(処理)開始年月(建設中の場合は開始予定年月)] 2003年4月
[処理プラントにおける前処理設備の有無] → [有り / 無し] ※有りの場合、前処理の種類を下記から選択 → [C・E・G] A : 手選別 B : 重機解体 C : 破碎 D : トロンメル E : 鉄・非鉄分離 F : 光学選別 G : 成型 H : その他 []
[処理プラントにおけるケミカルリサイクルの処理方式] 例：加圧二段ガス化、流動床触媒反応、流動床触媒反応等 ・加圧二段ガス化
[処理プラントにおけるプラスチックのケミカルリサイクルの処理フロー*] *プラスチックが処理プラントに搬入される前の排出から分別、回収、前処理も含めてください。 容器包装リサイクル法に従う。
[処理プラントの規模・処理能力] 約7万トン/年(195t/日)
[主原料の詳細]：一廃(家庭 or 事業)／産廃の分類、プラスチックの排出源、排出時の形状、排出時の分別状況、プラスチックの種類、等 例：一廃事業系廃プラスチック、オフィス・小規模事業所排出、袋排出、プラ単体、PP・PE・PS・PVC・PET 混合 ・家庭から回収された容器包装プラスチック

[処理プラントの主原料プラスチックの受入基準]：ロット数、荷姿、分別状況、汚れ、形状、サイズ、素材・樹脂種類、塩素濃度、等 例：破碎後、金属類除去、洗浄後、径○mm 以内、PVC 除く ・一般的な容器包装プラスチックの組成に準ずる。
[処理後の生成物] アンモニア、液化炭酸ガス、ドライアイス
[処理実績（建設中の場合は処理計画）] 年間約 70,000 t の廃プラを原料として処理。アンモニア収率は 9 割程度。
[技術の特徴] ・不純物や複数の廃プラが混ざった雑プラも処理可能 ・2 段階のガス炉の採用により高い転換率を達成 ・世界で唯一長期の商業運転実績を有する
[事業化に当たってのポイント] ・原料となり得る廃プラスチックの性状把握とそれに合わせた設備の最適設計 ・廃プラスチックの安定的な確保 ・処理費用の徴収による経済性の担保

A 社 ヒアリング要旨

日 時：令和 4 年 1 月 6 日（水）15:00～16:00

要旨：

1. 事業概要説明

- ・弊社はケミカルプラント、発電所などの設備の建設をするエンジニアリング集団である。廃プラのガス化については、B 社、C 社が 2000 年に開発した技術を 2003 年から D 社が商業運用をしているが、3 社から知見とノウハウを提供いただき、ライセンス事業やプラントの設置などを行っている。
- ・資源循環の分野ではガス化以外にも油化やポリエステルリサイクル化も進めている。プラスチックのケミカルリサイクルについては、ライセンス事業とプラント建設業をしている。

2. 質疑応答

Q：ケミカルリサイクルの処理フローについて、特徴やポイントがあれば説明願いたい。

A：廃プラスチックという性状が安定しないものを化学原料として安定的に利用できること、高効率に合成ガスという化学原料に転換できることが世界でも唯一の技術となっている。化学プラントで安定的に稼働できる技術がとても重要になる。安定的な化学原料を不安定なものから得ることの課題は大きい、商業ベースで検証されていることが売りになっている。

Q：処理プラントの受け入れ基準について補足説明を願いたい。

A：塩素濃度については、濃度が 2.5%程度。塩ビ分 5.0%程度が一つの目安となっている。処理後の生成物として、合成ガスから作れる水素、メタノール、酢酸、特殊アルコール、プロピレンやエチレンなどがリサイクル材として提供可能となっている。

Q：技術の特徴と事業化について、安定的な稼働や高効率とあったが、補足説明を願いたい。

A：プラスチックのリサイクルが難しいのは不純物が多かったり、混合プラのためであるが、ガス化のプロセスは一般的には石炭や石油残渣などの汚れた原料を高効率かつクリーンに処理する目的で開発された技術であり、それをプラ用に最適化したものである。

異物の入った原料を処理するのに高い適性を持った低温のガス化炉と、高効率に処理するために適した高温のガス化炉を組み合わせることで、プラスチック処理に対する最適化を実現した。それによって、D社では 2003 年から長期の商業ベースでの実績につながっており、他技術と比較した時の優位性である。事業化のポイントは、原料を安定的に確保すること。最終的にケミカルリサイクルは化学品を作るわけだが、化石資源というエネルギー密度が高いもので大規模に作る今までのやり方は経済効率が非常に高いので、それに伍していくためには一定程度の処理費用負担や製品化の環境価値の評価を高めることによって採算を成り立たせていくことが事業化のポイントであると考えている。

Q：国内のプラントを採用するような国内マーケット、あるいは海外進出の可能性はあるのかどうか。国内国外のマーケットに関する展望はどう考えているか。

A：マーケットに関していうと、昨年から化学会社などケミカル関連企業からの問い合わせが増えている。今後どういう形で進められるかを検討しているところ。国内だけでなく海外からも問い合わせが多い。欧米のみならず、韓国、東南アジア、中東など世界中から問い合わせをいただいている。中東やアジア圏でもごみ問題や自国のモノづくりにおいて低炭素化や資源循環が大きな問題となっている。また、NEDO から国内で廃プラから水素を作る技術開発の調査事業の採択を受けた。他社との共同事業で、名古屋と福岡の 2 拠点で実施している。

Q：ガス化の利点と課題があると思うが、様々なプラを集めると食品残渣や木くずが混じっている場合など受け入れられない場合もあるのではないか。上記技術以外のケミカルを含めた全体のエンジニアリングに関する計画はどう考えているのか。

A：異物が多い廃棄物の処理をしたいという意向が強いと感じている。例えば、前処理段階で異物除去からサービス提供をしていくことが考えられる。もともとガス化は異物混入に強い技術であり、有機物であれば合成ガスに出来るが、バイオマスが入ってくると合成ガスの回収率が下がり経済性が悪くなる。そのため、開発した技術は原料としてプラに特化してきた。原理の上では異物にも対応できるポテンシャルを有しているが、現状として安定的に処理できる実績にまでは至っていないので、実績づくりと経済性の検証と両面から進めている。前処理も含めたサービスの提供と幅広い原料からのガス化を進めて行きたい。

Q：本調査の中でも前処理に関する考察をする方向であり、結果が出たらまた意見交換させていただきたい。収運会社として事業系廃棄物のみならず一般廃棄物についても 23 区の廃棄物を扱っているが、各区でも容器系プラの処理の相談が多くなっている。原料として物量が確保できるかもしれない。

A：廃棄物の回収、選別の分析や知見がある方との意見交換は貴重な機会だと考えている。

Q：国内のプラは容器包装プラスチックを中心にD社で扱っているが、落札価格はトン当たり 4 万円前後。利益を考えるとトン当たり 4 万円はコスト計算をされているのか。

A：D社のモデルは一つのベンチマークだと考えている。規模や場所、プラントコストなどもろもろの条件が違っているので、ある一つのベンチマークであって、その条件であれば成り立つがそれ以外では成り立たないという指標までには至っていないと考えている。

Q：東京都は、焼却ではなく出来るだけケミカルリサイクルにしたいという意向がある。包装プラ、製品プラ、飲食店からなどから出たものが集まる可能性がある。それらも受け入れる方向で考えているのか。

A：原則として排出先ごとにいちいち確認するのではなく、プロジェクトごとに問題があるかどうかを確認し、前処理の必要性を検討している。食品業界からのプラや事業系の

プラ排出は排出元によって様々であり、一概に回答するのは難しい。

Q：前処理がどの程度必要かで、ケースバイケースで検討するという理解でいいか。

A：その通りである。

Q：東京都は 2030 年までに 30 万トンの廃プラについて焼却から他の代替処理、リサイクル方式を確立することが目標にされているが、御社の関わるプロジェクトで受け皿として具体的な商業化の見込みや感触はどうか。

A：2030 年までに 30 万トンができるかという点、関心が高いことなので 10 年間で技術的には出来ないことではないと考えている。川崎から横浜、千葉までのコンビナート群の中で処理していくことは考え得ると思うが、そこに至るまでのレールづくり、経済的仕組み、回収系統の変更などが時間軸にマッチするかどうかのポイントだと思う。

Q：D社は 7～10 万トンのオーダーで上記技術を採用しているが、この規模感のままで経済性は成り立つのか、より規模を大きくしないと難しいのか。

A：化学プラントなので大きい方がいい。

Q：対象物について、容器包装リサイクル法のルートでの回収物だと思うが、今後容リ法や製品プラもあると思われるが、一般的産業廃棄物からの回収もターゲットにしているのか。

A：容器包装リサイクル法のルートでのプラスチックは足元では引き受け手が決まっており、市場が飽和しているので、国内展開ではそれ以外の産廃プラや事業系廃棄物も含めて、ケミカルリサイクルやマテリアルリサイクルに回っていないプラスチックを対象にした設備を提供したいと考えている。

Q：廃プラの回収について、今のイメージとして産廃は回収の仕組みに目処が立っていないと思うが、今後どのように組み立てるのか。

A：釈迦に説法だが、産業系の廃プラも既存の回収業者が適正に処理されているので、既存のプレーヤーと連携して、行き先をケミカルリサイクルに持って来てもらう方向で考えている。回収業者や処理業者もケミカルに強い関心を持っているので、いろいろと相談や意見交換をしているところである。

Q：D社の実績は理解しているが、今後の展開で全く同じプラントをつくることはないと思う。対象物の受入れの幅、不純物や異物混入の問題、採算性など、課題に対する対策のポイントは何か？

A：プラントを広げていく上で重要視するポイントでは、ガス化の技術は幅広い原料に対応できるので、ニーズがあるところに対して的確に技術を適用できるように検証を積んでいく。現状では受け入れ可能と言い切れないものとして、例えば ASR でも選別を掛けることもあるだろう。どこから持って来るかでも変わってくるので、処理方法の精度を高めていく。バイオマスでは建廃系も幅広く受け入れていくことで、社会ニーズに対応できるのではないかと考えている。現状では選別等々も含めて幅広い構想を持って進めて行きたいという考えを持っている。

Q：ガス化以外のモノマー化、油化などの複合化、コンビナートのようにした方がいいという技術の合わせ技は考えられるのか。

A：今後必要になると思っている。廃棄物自体の幅が広いし、出口のところも合成ガスではなくペットやプロピレンなども求められるので、出口側のニーズと原料のクオリティを見ながら最適な提案をしていきたい。とは言え、モノマー化の原料としてポリエステ

ルだけを集めることはなかなか難しい。モノマー化、油化、ガス化が複合的に用いられることで、全体的に健全な資源管理の向上に寄与できるのではないかと考える。まだ仮説段階ではあるが、そういう考え方を持って資源循環に貢献していきたいと考えている。

Q：原料の多様性のためにはボリュームの確保することで経済性の確保にも近づく。ボリュームで物量を確保する場合は品質の基準がゆるい方がいい。また、建廃や ASR などの業界が絞られたマーケット、さらには都市廃棄物も受け入れられるようなエンジニアリングを強く期待している。それにより廃棄物の回収の動きも違って来る。

A：経済性を成り立たせることと、大きく資源循環を成り立たせるための構想が必要ではないかと考えている。

Q：NEDO の調査事業の対象が都市部の工場や家庭などからとなっているが、オフィスビルや商業施設を除外するということなのか。

A：そうではなく、どのような廃プラでも調査対象として進めて行きたい。NEDO の調査事業で幅広く調査していきたい。

Q：実証というよりは調査を進めるとのことだが、プラの規模感や流通などが調査で分かるのか。

A：いろいろと分かると思う。調査事業として社会にとっても有益な事業になるのではないか。実用化になればと思うてはいるが、NEDO の事業は調査研究が目的である。

Q：御社グループの取り組みはソーシャルエンジニアリングであり、都市問題解決のエンジニアリングだと思う。上記技術だけでなく、社会問題の解決になることなので、御社グループが旗振りをして政府からお金をもらって FS などを行った方がいい。全体設計のための基礎研究も非常に大事であり、欧米先進国や中国でも必要になるかもしれない技術である。そういう提案をされることがあれば、ぜひともお声がけいただければ協力したい。

A：力強い言葉をいただきありがたい。弊社の構想もまだ仮説段階であるが、ニーズ調査等々を含めて検討していきたい。相談するかもしれないので、よろしく願いしたい。

Q：E 社の技術のモノマー化、F 社の技術の油化のライセンス事業を進めているとのことだが、既存のプラントの更新をしたり、新規プラントの計画などはあるのか。

A：両方とも商業化が進んでいる技術となっている。ライセンス事業化に向けて検討している状況であり、油化、モノマー化の検討に関するプレスリリースをしたが、多くの問合せをいただいている。

プラスチックのケミカルリサイクルにかかる質問票：H社

質問1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業1

[事業の名称] 廃棄物由来エタノール（I社）やバイオマスエタノールを用いた環境に配慮したポリオレフィン事業化検討
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式]
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー] 廃棄物⇒＜ガス化＞⇒ガス（CO,H2）⇒＜微生物発酵＞⇒エタノール⇒＜脱水＞⇒エチレン⇒＜重合＞⇒ポリオレフィン
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [C] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている（行っていた）。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている（行っていた）。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 []

質問2 プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報

[処理プラントの名称] －（非開示）
[処理プラントの所在地] 千葉工場
[操業（処理）開始年月（建設中の場合は開始予定年月）] 2022年4月稼働予定
[処理プラントにおける前処理設備の有無] → [有り / ○無し] ※有りの場合、前処理の種類を下記から選択 → [] A : 手選別 B : 重機解体 C : 破碎 D : トロンメル E : 鉄・非鉄分離 F : 光学選別 G : 成型 H : その他 []
[処理プラントにおけるケミカルリサイクルの処理方式] エタノールからの脱水反応＋ポリオレフィン重合
[処理プラントにおけるプラスチックのケミカルリサイクルの処理フロー*] *プラスチックが処理プラントに搬入される前の排出から分別、回収、前処理も含めてください。 処理工程はI社掌範囲、 範囲として エタノール⇒（脱水反応）⇒エチレン⇒（重合）⇒ポリオレフィン
[処理プラントの規模・処理能力] 非開示
[主原料の詳細]：一廃(家庭 or 事業)／産廃の分類、プラスチックの排出源、排出時の形状、排出時の分別状況、プラスチックの種類、等 エタノール
[処理プラントの主原料プラスチックの受入基準]：ロット数、荷姿、分別状況、汚れ、形状、サイズ、素材・樹脂種類、塩素濃度、等 特になし

[処理後の生成物] エタノール⇒エチレン⇒ポリオレフィン
[処理実績（建設中の場合は処理計画）] ラボでの確認完了
[技術の特徴] 廃棄物由来のエタノールまたはバイオマスエタノールからプラスチックを再生することによる、ごみ燃焼時の CO2 削減＋化石資源採掘量削減およびモノマー精製エネルギー削減
[事業化に当たってのポイント] 顧客に対する製品の価値付

質問 1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業 2

[事業の名称] 廃プラからオレフィンへの直接分解及びオレフィンからポリオレフィン生産の事業化検討
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式] 廃プラの直接分解
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー] 廃プラ⇒＜分解＞⇒オレフィンガス⇒＜精製・重合＞⇒ポリオレフィン
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [D] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている（行っていた）。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている（行っていた）。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 []

質問 2. プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報 2

[処理プラントの名称] —
[処理プラントの所在地] —
[操業（処理）開始年月（建設中の場合は開始予定年月）] —
[処理プラントにおける前処理設備の有無] → [有り / 無し] (未回答) ※有りの場合、前処理の種類を下記から選択 → [] A : 手選別 B : 重機解体 C : 破砕 D : トロンメル E : 鉄・非鉄分離 F : 光学選別 G : 成型 H : その他 []
[処理プラントにおけるケミカルリサイクルの処理方式] 廃プラの直接分解
[処理プラントにおけるプラスチックのケミカルリサイクルの処理フロー*] *プラスチックが処理プラントに搬入される前の排出から分別、回収、前処理も含めてください。 廃プラ回収⇒選別・洗浄（必要に応じて）⇒分解プロセス⇒精製⇒分留⇒重合⇒ポリオレフィン
[処理プラントの規模・処理能力] —
[主原料の詳細]：一廃(家庭 or 事業)／産廃の分類、プラスチックの排出源、排出時の形

状、排出時の分別状況、プラスチックの種類、等 ポリオレフィン系廃プラスチック
[処理プラントの主原料プラスチックの受入基準]：ロット数、荷姿、分別状況、汚れ、形状、サイズ、素材・樹脂種類、塩素濃度、等 樹脂種類（オレフィン含有量の多いもの）、汚れ程度、混合物（不純物）の確認必要 等
[処理後の生成物] オレフィンガス および ポリオレフィン
[処理実績（建設中の場合は処理計画）] 研究開発実績あり
[技術の特徴] 本来焼却されるポリエチレン、ポリプロピレンなどのポリオレフィン系廃プラを、高効率にオレフィンとして回収し、資源として用いることによる廃プラ燃焼時 CO2 排出の削減、循環経済への貢献。
[事業化に当たってのポイント] オレフィンリッチな廃プラ資源の品質・数量の安定的な確保 製品の価値付

H社 ヒアリング要旨

要旨：

1. 質疑・情報交換

＜エタノールからのポリオレフィン製造について＞

- ・環境に配慮したポリオレフィンの事業化は、ごみ由来のエタノールまたはバイオマスエタノールを原料としてポリオレフィンを製造する事業です。ごみ由来のエタノールについては、I社と協力関係を構築して社会実装を目指しているもの。

I社では、一般ごみとプラごみを分別しないでガス化し、微生物によってエタノールに変換する技術を開発している。それを弊社がエチレン化して、さらにポリオレフィンにしてプラスチック商品化するという循環イメージである。

Q: ポリオレフィンを作る上で、廃棄物由来のエタノールから製造するエチレンは化石燃料から作られるエチレンと品質にそん色はないのか。不純物の混入がおこることはないのか。

A: ケミカルリサイクルでは分子単位のモノマーまで化学的に戻すので、化石燃料から作る場合と品質的なそん色はない。

Q: 塩素や硫黄分が悪さをすることはないのか。

A: 当社としてお答えすべき範囲ではありません。

Q: 実証実験レベルとのことだが、技術的にはすでにクリアされているのか。

A: 当社としてお答えすべき範囲ではありません。

Q: エタノール利用として、ポリオレフィン以外の利用はしないのか。

A: 現時点ではポリオレフィンを製造する方法を想定している。

Q: 事業化に向けたこれからの検討課題は何か。

A：製品の価値付は課題。2022 年 4 月に小型の実証プラントを立ち上げて、各種データを取って確認をしていくことになる。

Q：経済性の確保についてはどうか。

A：経済性も含めて、これから商業化に向けた検討をしていく段階である。

Q：I 社がプラントを作らないと出来ない事業だが、I 社と共同事業化をするのか、単独での事業化も考えているのか。

A：前述の通り、I 社と協力関係を構築して社会実装を検討している。原料エタノールについては、バイオマス由来などのエタノールも検討している。

<廃プラからオレフィンへの直接分解について>

Q：廃プラの回収は、家庭ごみを使うイメージなのか。

A：まだ調査中であるが、一廃・産廃幅広く原料候補を探索している。ある程度ポリオレフィン含有量の高いものをターゲットとして想定している。

Q：研究室レベルでの実験とあるが、実廃プラで実験しているのか。

A：廃プラスチックを対象にして、幅広く調査している。技術は、J 大との共同研究であり、技術開発の段階である。

Q：リサイクルのフローでは、自治体や事業所で分別された廃プラが前提なのか。

A：オレフィンガスを取ることがテーマであり、その点からオレフィン含有量の多い廃プラを中心に、幅広く原料候補を探索している。

Q：前処理技術はいろいろとある。汚れたプラではなく、一定程度分別された廃プラと考えているのか。

A：排出の技術も含めて、世にあるプラがそのまま使えるのか、一定の選別をしないと使えないのか、そこから調べている。

Q：研究結果を判断する一区切りの時期はいつごろと考えているのか。

A：2030 年頃を目途に社会実装することを目指している。

Q：一般論でもいいが、エネルギーリカバリーの面で、ケミカルリサイクルはマテリアルと比べてどうなのか。CO₂ 削減方法としてケミカルリサイクルはどのレベルと考えているのか。

A：基本的には、プラスチックを焼却しないための方法の一つとしてケミカルリサイクルがある。プラからプラに戻していく循環をして、マテリアルリサイクルでは出来ない部分を埋めていくという考え。

Q：QCD が気になるが、と思う。オレフィン系を集めた時、廃プラ市場は幅が広いので品質がシビアだ。RPF では塩素含有 3000ppm 以下とされているが、それ以下になる見込みなのか。

A：RPF はよりきれいな方がいいだろうが、どこまでが適正かどうか調べている。触媒開発をしているのは、塩素含有の影響がどうなるかも含めてのことであり、3000ppm で使えるかどうかを考える前段階の研究である。

Q：廃棄物由来は高く売れるなどの、願望や手応えはどうか。

A:資源循環や CO2 削減効果がどれくらい顧客に受け入れられるかが課題。弊社は B to B であるが、B to C まで認めてもらえる社会にならないと継続的なビジネス展開は難しいのではないか。日本でどこまで価格の転嫁を受け入れてもらえるか、まだまだハードルは高いと思う。マーケティングの中で検討する事項であり、ポリエチレン、ポリプロピレンなど汎用性の高い樹脂に環境負荷の低減という価値をどう浸透させるかが大きな課題。

プラスチックのケミカルリサイクルにかかる質問票：K社

質問1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業

[事業の名称] プラスチック油化共同事業
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式] 超臨界水熱分解による油化
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー] 秘密保持契約がない状況では開示できない
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [B] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている (行っていた)。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている (行っていた)。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 []

質問2. プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報

[処理プラントの名称]
[処理プラントの所在地] L社事業所内
[操業(処理)開始年月(建設中の場合は開始予定年月)] 2023年度中完成予定
秘密保持契約がない状況では開示できない [処理プラントにおける前処理設備の有無] → [有り / 無し] ※有りの場合、前処理の種類を下記から選択 → [] A : 手選別 B : 重機解体 C : 破碎 D : トロンメル E : 鉄・非鉄分離 F : 光学選別 G : 成型 H : その他 []
[処理プラントにおけるケミカルリサイクルの処理方式] 例：加圧二段ガス化、流動床触媒反応、流動床触媒反応等 超臨界水熱分解油化
[処理プラントにおけるプラスチックのケミカルリサイクルの処理フロー*] *プラスチックが処理プラントに搬入される前の排出から分別、回収、前処理も含めてください。 秘密保持契約がない状況では開示できない
[処理プラントの規模・処理能力] 原料処理能力：2万トン／年
[主原料の詳細]：一廃(家庭 or 事業)／産廃の分類、プラスチックの排出源、排出時の形状、排出時の分別状況、プラスチックの種類、等 例：一廃事業系廃プラスチック、オフィス・小規模事業所排出、袋排出、プラ単体、PP・PE・PS・PVC・PET 混合 秘密保持契約がない状況では開示できない
[処理プラントの主原料プラスチックの受入基準]：ロット数、荷姿、分別状況、汚れ、形状、サイズ、素材・樹脂種類、塩素濃度、等

例：破碎後、金属類除去、洗浄後、径○mm 以内、PVC 除く 秘密保持契約がない状況では開示できない
【処理後の生成物】 ナフサ留分：クラッカー原料 灯油～重油留分：石油、石化製品原料
【処理実績（建設中の場合は処理計画）】 原料プラスチック処理 2 万/年
【技術の特徴】 高温・高圧の超臨界水を溶媒としている反応であるため、単純な熱分解と比較して固形分が生成しにくく油化収率が高い。
【事業化に当たってのポイント】 本プロセスの商業化初号機であるため、安定運転確立がポイントとなる。

K 社 ヒアリング要旨

要旨：

1. 事業概要説明

- ・弊社とL社との共同のプラスチック油化事業である。事業概要は、外部調達した廃プラを油化処理し、製造されたリサイクル生成油を両社の既存施設の原料として使用するものである。外部調達した廃プラスチックを油化して、原料として使用する。原油から作られた石油精製をクラッカーで分解したものを使ってプラ製品が作られるが、廃プラスチックを一次処理したものを油化プラントで処理してケミカルリサイクルを実現する。昨年7月に決定して取り組み始めている。
- ・油化設備の処理能力は年間2万トンを目指している装置で、商業ベースでは国内最大規模となっている。立地はL社のコンビナート内に造って事業を進める方向で、2023年度の中頃に稼働開始の予定である。
- ・油化設備では2種類の油化ができる。ガソリンのように沸点が軽い油分のナフサはクラッカーにダイレクトに使用し、石油由来のナフサと一緒にしてプラスチック製品の原料にする。
- ・ナフサ以外の部分は弊社製油所で原油と合わせて石油精製して、石油製品を作っていくことで検討を進めている。
- ・油化設備は、プロセス建設はイギリスのM社のプロセスでライセンス契約をしている。もとをたどると、オーストラリアのN社が開発したテクノロジーを利用したのもで、いろいろな分解ができるプロセスのうちのプラ分解をM社がライセンス契約したものである。
- ・特徴は超臨界反応による水熱分解プロセスであり、高温・高圧、450℃を超える温度と25メガパスカルを超える圧力によって水が臨界状態になり、その中で廃プラを分解させる。廃プラを溶かして水と混ぜて、反応器で反応させて、Plasticrude（注：反応生成物の名称であり、ライセンサーではこう呼ぶ）を作ってプロダクトとして出す、というプロセスになっている。
- ・採用理由は商業規模のプロセスパッケージを持っているために採用が早いことと、過去に日本でも熱分解プロセスをやっていた実績を考慮した。固形分が出るなどの課題があったが、こちらは水を溶媒としているので固形分が出てこないため、改善の可能性があると考えて採用し、事業化を進めている。K社とL社とで「有限責任事業組合」を組んでいて、それぞれのシナジーの検討をする中で事業化に至った。

2. 質疑応答

Q：アンケートの回答の中で、事業化のポイントに関する補足があればお願いしたい。

A：イギリスでも同じスピード感で商業プロセスを作っているが、完成したパッケージと

して動き出しているものがないので、うまくいくかどうか検討しながら進めている。高温・高圧のプロセスについて、弊社は固形分を使うことに詳しいわけではないため、固形分のノウハウを蓄積しながら進めて行きたい。実績がないところであり、安定して動かさないと収益性も上がらないので、そこがポイントになるだろう。

Q：実証実験レベルでの小規模の実績はないのか。

A：全く同じ実証機ではないが、オーストラリアのL(2)社が1万トン規模のリアクター周りは作って動かしている実績がある。前処理プロセスや後処理プロセスを完成して、パッケージ化してライセンスを受けている。

Q：オーストラリアの事業の場合、原料は何を使っていたのか。

A：ポストコンシューマを使って動かしていたようだ。

Q：廃プラの回収量が多いほうがいいと思うが、どこも原料を集める点にご苦労されている。対象が2万トン規模というが、どの辺のプラスチックを集める予定なのか？

A：現時点では開示できないが、産廃系から入っていく方向で考えている。

Q：一廃系はおもてに出てこないの、産廃系から取り組まざるを得ないだろうと思う。産廃系も小さな事業所が多いので集めるのが大変である。都の事業委託で一廃系を扱っているが、都からも一廃系のリサイクル処理について聞かれている。興味があれば声掛けをいただきたい。

Q：商業化を安定させるところで、原料プラを安定的に確保することが課題という認識を持っている。今後どうなるのか、原料の取り合いになるのかどうかは分からないが、立ち上げの最初は産廃系から進めるという程度であり、将来どこまでにするかは検討中である。

Q：事業系廃棄物に関して、東京都で脱焼却を年間30万トンのペースで2030年までにやらなければいけないため、次の搬入先を探している状況がある。今まで焼却していたのだと、水分が多いとか、塩素濃度も高めだとか、紙や木が混ざっているとかの問題があり、リサイクルに回す場合にそれをどうするのか。今後、仮に御社のプラントで受け入れをする場合、水分量や塩素濃度に関してどこまで許容できそうなのか、その辺りの考えをお聞きしたい。

A：受け入れ基準はいくつかに分けて考えられる。採用したプロセスは、オーストラリアではバイオや石炭の分解に使うことを検討されていたプロセスなので、バイオ系や紙などはリアクターに押し込めれば、分解するのは可能である。なので、前処理できれいにするか、現場できれいにするか、その経済性がどうかということになる。また、出てくる塩素・水分が問題になるが、それも前処理の部分の問題であると考えている。本体に入れば水で溶かせばいいし、アルカリで中和すればいいので、プロセス的に前処理で通るかどうかが検討課題だろう。実際には、最初はきれいな原料から取り組んで、だんだんに汚れたプラを受け入れていくという王道的な方法を考えている。受け入れが出来そうであればスペックを緩和していきたいが、現時点でどこまでというスペックは言えない。

Q：確認だが、これはバッチプロセスでいいのか。

A：連続プロセスである。

Q：廃プラを分解してできたナフサ成分等は、純粹の石油から作ったものと品質的に同じなのかどうか。

A：石油から作られたものと比べると、それよりは性状が悪いということはある。2002年の頃、札幌プラスチックリサイクルと一緒に取り組んだ時の処理方法のノウハウを持っている。それを活かして弊社製油所で受け入れることを考えている。再生油は多少劣悪

なものになる。

Q：悪いというのは具体的にどういうことか。

A：塩素分は原料由来になる。硫黄分はもともと入っていないので問題ない。あとは熱安定性が不安定なものが出来やすいので、後ろの工程で詰まりやすい油になりやすいということ。それを処理するノウハウは持っている。

Q：廃プラのリサイクル費用は、容リ法の施行状態では、ケミカルリサイクルはトン 4 万円が費用になっている。費用はそれより安くなるのか。

A：プロセスも原料もコストを下げて黒字にしないと続かない。原料は取り合いになるのかもしれないが、処理が安くできれば費用を取らなくても運営できるので、その検討をしている。リサイクルした油の認証制度も検討されているので、そこに入るような油を作ること、認証を得ることによって価値を確保することができないかということも併せて検討している。

Q：対象が産廃系だというのが、処分業許可の取得を考えているのか。

A：原料を集める会社と組むことなどをいろいろ考えており、現時点では産廃許可までは取らない方向で進める考えでいる。

Q：核になるプラントは、処分業許可を取るプラントではなく、前処理をする産廃業者に任せるというイメージか。

A：今のところはそういう考え方だが、将来的には取得することもあり得ると考えている。

Q：受け入れで気になるのは塩素や含水率、硫黄など。このあたりの受け入れ基準は、前処理が確定されれば、明確に広く公開されていくのか、それとも限定されたルートで集荷するのか。

A：まだプラントが動いていないので、そのあたりの方針は決めてはいないが、広く募集することは考えていない。どちらかというと個別にあたってというところをイメージしている。

Q：フロー図で、クラッカーは L 社の技術で、石油精製は K 社の技術で、油化処理設備は共同事業という役割分担でいいか。

A：その通り。

Q：前処理をする産廃業者の選定や役割分担については、これから検討するということか。

A：詳しくは言えないが、スタートアップの時に調達できる目処は立ててやっている。

Q：K社では、このプロジェクト以外にも共同企業とのケミカルリサイクル事業化の計画はあるのか。

A：それは私の所管ではなく別の部署になるので、話が聞きたいのであれば、担当者を紹介することは可能である。

Q：いちばん進んでいるのはこのプロジェクトと考えていいのか。

A：すでにプレスリリースをしたということでは、一番進んでいると思う。

Q：受け入れ拡大に関するスケジュールの展望はあるのか。

A：2023 年の半ばぐらいにスタートアップを目指しているので、そこから出来るだけ早くフルで動かせることが確認できた後は、受け入れの拡大をしていけるようにしたいが、スケジュール的には明確に言えない。

プラスチックのケミカルリサイクルにかかる質問票：M社

質問 1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業

[事業の名称]
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式] 流動床式触媒反応による変換
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー] 排出プラ→回収・分別→“前処理→流動床式触媒反応による変換”→既存石化化学品処理フロー (“前処理→流動床式触媒反応による変換”工程についての新設を検討中)
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [D,G] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている (行っていた)。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている (行っていた)。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 [過去、同技術でウッドチップを原料とする実証プラントレベルでの稼働を実施。2022 年より同プラントにてプラスチックのケミカルリサイクル技術についても実証予定]

質問 2. プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報

[処理プラントの名称] 未定
[処理プラントの所在地] 未定(京浜・京葉エリアを想定)
[操業(処理)開始年月(建設中の場合は開始予定年月)] 2027 年
[処理プラントにおける前処理設備の有無] → [有り] ※有りの場合、前処理の種類を下記から選択 → [C, D, E, F, H] A : 手選別 B : 重機解体 C : 破碎 D : トロンメル E : 鉄・非鉄分離 F : 光学選別 G : 成型 H : その他 [AI 選別他技術についても検討中]
[処理プラントにおけるケミカルリサイクルの処理方式] 流動床式触媒反応による変換
[処理プラントにおけるプラスチックのケミカルリサイクルの処理フロー*] *プラスチックが処理プラントに搬入される前の排出から分別、回収、前処理も含めてください。 排出プラ→回収・分別→“前処理→流動床式触媒反応による変換”→既存石化化学品処理フロー (“前処理→流動床式触媒反応による変換”工程についての新設を検討中)
[処理プラントの規模・処理能力] インプット量として最大 20 万トン/年程度を検討中
[主原料の詳細]：一廃(家庭 or 事業)／産廃の分類、プラスチックの排出源、排出時の形状、排出時の分別状況、プラスチックの種類、等 一廃・産廃プラ、建築系・事業系排出、ベール形態及び RPF 形態、廃プラスチック区

分、プラの種類は非限定
[処理プラントの主原料プラスチックの受入基準]：ロット数、荷姿、分別状況、汚れ、形状、サイズ、素材・樹脂種類、塩素濃度、等 詳細設計中のため非開示（単純焼却や埋立に回っているプラの活用含めたフレキシブルな受入基準を検討中）
[処理後の生成物] 化学品（芳香族系（ベンゼン、トルエン、キシレン含む）、オレフィン/パラフィン系、水素ほか軽質分）
[処理実績（建設中の場合は処理計画）] （2022年より米国にて実証プラントでの運転を予定）
[技術の特徴] 原料となる廃プラスチックをワンステップで芳香族を多く含む所定の化学品に変換することができる。これにより消費エネルギーや必要設備の抑制が期待できる。 （従来技術では、芳香族やオレフィン系の製品を得るために更なる分解処理が必要となる）
[事業化に当たってのポイント] プラント立地（原料プラの安定確保、既存石化工程との連携の観点より）

プラスチックのケミカルリサイクルにかかる質問票：N社

質問 1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業

[事業の名称] —
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式] —
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー] —
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [D] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている (行っていた)。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている (行っていた)。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 []

質問 2. プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報

無回答

プラスチックのケミカルリサイクルにかかる質問票：R社

質問 1 プラスチックのケミカルリサイクルに関する事業

[事業の名称] 千葉事業所における使用済みプラスチックリサイクル事業化検討
[当該事業のケミカルリサイクルの処理方式] HiCOP 技術を用いた使用済プラスチック熱分解方式
[当該事業のケミカルリサイクルの処理フロー] ① S 社の技術を用いて廃プラスチックを油化 ② 生成油を R 社の精製・石油化学装置にて処理し、プラスチック製品の原料化
[処理プラントの現状] ※下記から選択 → [E] A : 処理プラントを建設済みで処理を行っている（行っていた）。 B : 処理プラントを建設中である。 C : 実証実験レベルのプラントを建設して処理を行っている（行っていた）。 D : 研究室レベルで実験を行っている。 E : 処理は行っておらず検討段階である。 F : 予定はない・計画を中止した。 G : その他 []

質問 2. プラスチックケミカルリサイクルの処理プラントに関する情報

無回答

資料Ⅳ 関係者会議の開催

本事業の関係者会議を下記のとおり実施した。

開催日時：令和３年１２月７日（火） 10:00～12:00

開催場所：東京都庁第二本庁舎 31 階特別会議室 22

出席者	所属・職名
塚田 泰久	東京都環境局 資源循環推進部 計画課 統括課長代理（計画担当）
佐久間信一	株式会社ダイナックス都市環境研究所 代表取締役社長
糠澤 琢郎	株式会社ダイナックス都市環境研究所 主席研究員
白井 徹	白井グループ株式会社 代表取締役社長
馬場 研二	白井グループ株式会社 資源循環プラットフォーム事業部長
西沢 潤	白井グループ株式会社 営業企画部 課長
本木 美果	白井グループ株式会社 営業企画部
川村 和裕	株式会社メトロプロパティーズ プロパティマネジメント事業部 リーダー営業担当
長島 玲奈	株式会社メトロプロパティーズ プロパティマネジメント事業部 営業担当
平松 圭	小僧 c o m株式会社 代表取締役社長
工藤 貴明	小僧 c o m株式会社 セールスエンジニア リーダー
上原 正士	株式会社U S D 代表取締役
大木 浩武	株式会社U S D エンジニア
横山 友和	株式会社オガワエコノス 東京営業所営業統括本部ソリューション営業部 担当部長

内容：

東京都による挨拶と本事業の背景の説明の後、担当企業各社により、本事業の実施内容に関して報告した。その後、出席者全員によるフリーディスカッションが行われ、廃棄物・資源の DX 管理における課題や、ブロックチェーンによる可能性、排出事業者にとってのインセンティブの創出等について、意見交換が行われた。



令和 3 年度東京都事業系廃棄物 3 R ルート多様化に向けたモデル事業
革新的 IoT 型 DX 管理による資源循環の見える化促進事業

報告書

株式会社ダイナックス都市環境研究所
令和 4 年 3 月 11 日