

2021年3月31日

## 報告書

実施期間 2020年7月22日～2021年3月31日

### 自動車廃プラスチック油化技術の開発

三井化学株式会社 研究開発本部  
伊藤 潔、瀧 敬一

日産自動車株式会社 材料技術部  
美藤 洋平、端野 直輝、森 直樹

# 概要

## 名称

自動車廃プラスチック油化技術の開発

## 実施期間

2020年7月22日～2021年3月31日

## 開発/調査 代表者

三井化学株式会社 瀧敬一

## 実施者

三井化学株式会社 伊藤潔、瀧敬一

日産自動車株式会社 材料技術部 美藤洋平、端野直輝、森直樹

## 協力会社

協力会社 エムエム建材株式会社 第四営業本部 片岡仁、中川雄貴、濱田真弥

## 目的

ASR(Automobile Shredder Residue)より回収された廃プラスチックを油化し、自動車用プラスチック等の石油化学製品原料となるナフサ代替としてケミカルリサイクルするための技術検証を行う。

## 実施内容

2017～2019年度の研究成果をもとに2020年度は以下の検証を実施

課題①: 前処理プロセスにおけるN分の更なる低減とコストダウン、原料調達ネットワークを構築する上でのASR調達量の精査、ASR以外からの原料調達可能性の検討及び油化に適さない樹脂分の出口確保、原料調達コストの精査

課題②: 事業化に向けたプロセスの確度向上およびコストダウンのための検討、生成油中に含まれる不純物(窒素分)の除去方法の検討、オレフィン樹脂の回収量に基づく事業性評価

## 成果

### 課題①:

窒素分軽減の方策を複数検証し、その結果、手選別を用いない複数の機械による選別を組み合わせた前処理プロセス(案)を作成し、加えて窒素分等の希釈材となり得る廃プラスチックと混ぜ合わせて油化原料 1.5 万トン／年を確保する計画とした。また原料調達ネットワークに関する詳細検討の結果、ASR の集約拠点を用意して再資源化施設の認定を受けた上でオレフィン系樹脂を選別する集約型の事業形態を想定するとともに、事業化した際の初年度における P/L 試算から、原料調達における損益分岐点(当期純利益が±0 となる時点の油化原料の販売単価)を算出した。

### 課題②:

ASR 以外の廃プラとして小型家電および容りのサンプルを分析するとともに、容リプラを用いた油化試験を実施した。その結果、ASR に比べて窒素分や塩素分が高く、精製工程の負荷が増加することが判明した。また、生成油中に含まれる窒素分の除去として、吸着剤による除去と水添工程を組み合わせた方法の検討を行い、目標濃度まで低減できる見込みを得た。

## 自動車廃プラスチックリサイクル技術の開発

(検討期間：2020年7月～2021年3月)

<u>目次</u>	ページ
1. 背景と目的	1
2. 研究開発の全体計画	3
2.1 研究開発の対象技術・システム	3
2.2 研究計画ロードマップ	6
2.3 研究開発の実施体制	9
3. 2020年度の研究計画概要	10
4. 調達先ネットワーク（2020年度研究結果）	11
4.1 前処理プロセスにおける原料品質の向上	11
4.2 調達先ネットワークの検討	19
4.3 原料調達の経済性評価	22
4.4 事業化に向けた原料調達の残課題	27
5. 原料油化プロセス（2019年度研究結果）	28
5.1 調達原料に対するプロセス確度の向上	28
5.2 窒素除去のための精製条件の最適化	31
5.3 プロセス全体設計の見直し	33
5.4 事業性評価	35
6. 本研究4年間の成果まとめ	36
7. 事業化に向けた課題	39

## 1. 背景と目的

新興国等の経済発展に伴って鉱物資源・化石資源の需要が急速に拡大するなか、将来には資源の需給逼迫や採掘現場の環境汚染などが懸念されており、資源の効率的な利用とともに再生可能資源や再生材の利用が社会的な課題となっている。

国内では、自動車リサイクル法に基づき、使用済み自動車のリサイクルが安定的に行われており、シュレッダーダスト（Automobile Shredder Residue、以下「ASR」と記載）およびエアバッグ類のリサイクル率は再資源化の基準を超えて9割以上を達成・維持している。今後は、さらに自動車全体での3Rを推進し、より多くの部品や素材をリユース・リサイクルすることによって、結果として社会コストの低減を図ることが求められている。

しかしながら、年間約60万トン発生するASRについては、ASR中に約30%含まれるプラスチックのほとんどが、現状、燃料代替として熱回収（サーマルリサイクル）され、その利用形態はセメント製造業などの特定の燃料用途に限られている。燃料用途では、塩化水素、ダイオキシンなどの有害物質が発生するなどの問題が懸念されるとともに、サーマルリサイクルによるエネルギー回収率は3割程度であり、クローズド・ループリサイクル（Car to Car リサイクル）につながらない。

一方、ASRに含まれるプラスチックの主成分である汎用樹脂PP(ポリプロピレン)に関して一部マテリアルリサイクルが行われているものの、多様な樹脂組成が含まれるために再生材は高品質ではなく、そのリサイクル用途は限定的である。

このため、クローズド・ループリサイクルの実現に向けては、ASR中のプラスチックから高品質な再生材を生み出すことが必要不可欠であり、廃プラスチックを分解して化学原料に変換（原料油化）できるケミカルリサイクルが望ましい。ASRから廃プラスチックを選別分離し、ケミカルリサイクルにより元の樹脂原料へ還元することができれば、再びPP等の自動車用汎用プラスチックとして再利用することができる。

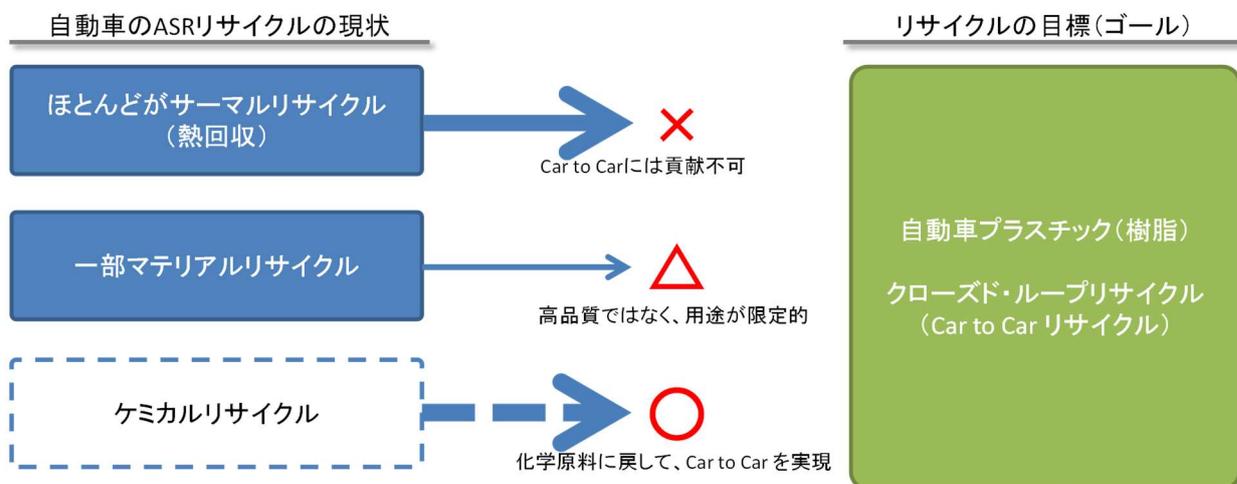


図1-1. クローズド・ループリサイクル（Car to Car リサイクル）に向けた現状と課題

そこで、本研究開発では、クローズド・ループリサイクル（Car to Car リサイクル）の実現に資するため、ASR 中のプラスチックからオレフィン系樹脂を選別分離し、ケミカルリサイクルにより元の樹脂原料へ還元する「原料油化システム」を開発することを目的とする。

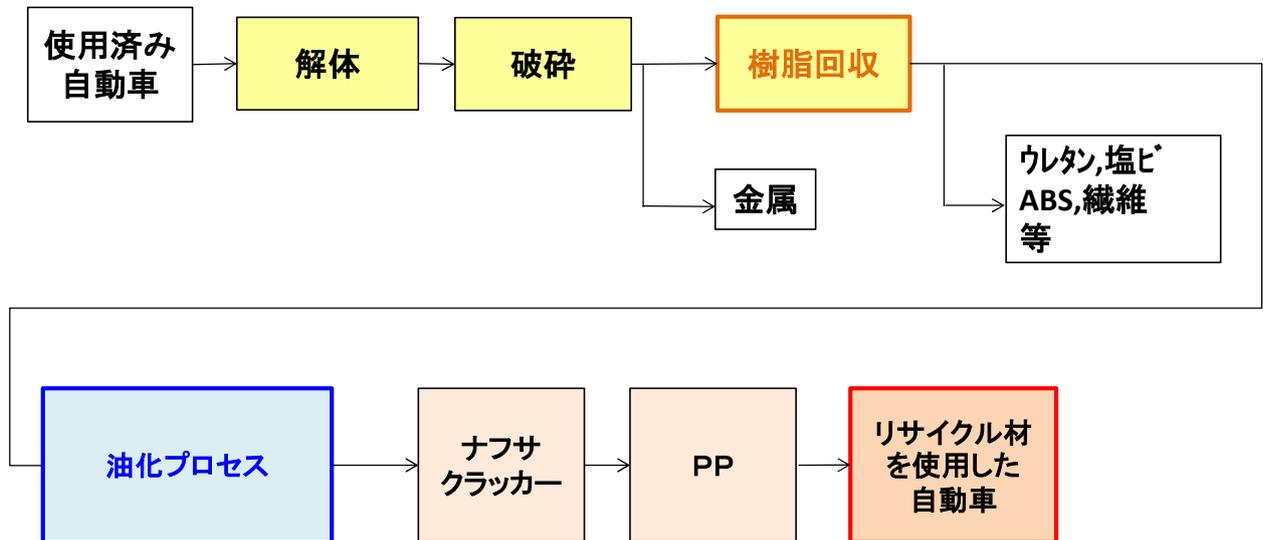


図1-2. 自動車廃プラスチックのクローズド・ループリサイクル

## 2. 研究開発の全体計画

### 2.1 研究開発の対象技術・システム

#### (1) 対象技術・システムの概要

本対象技術・システムは、ASR 中からオレフィン系樹脂を選別・回収するプロセスと、油化処理によって化学原料に戻すプロセスの2つから構成される。

①ASR 中からオレフィン系樹脂を選別・回収するプロセスは、既存の自動車解体事業者や選別・破碎事業者等を前提としたものであるが、原料油化に求められる品質条件をクリアできるレベルに上げる必要がある。

②油化処理によって化学原料に戻すプロセスは、ASR から選別・回収したオレフィン系樹脂であり、様々な組成・品種のものが含まれることを前提に、元の化学原料（C10 以下のナフサ相当化合物）にまでに分解できるようにプロセスを構築する必要がある。原料油化プロセスは、主に油化反応、不純物の除去、生成物の精製から構成され、既存技術を活用する。

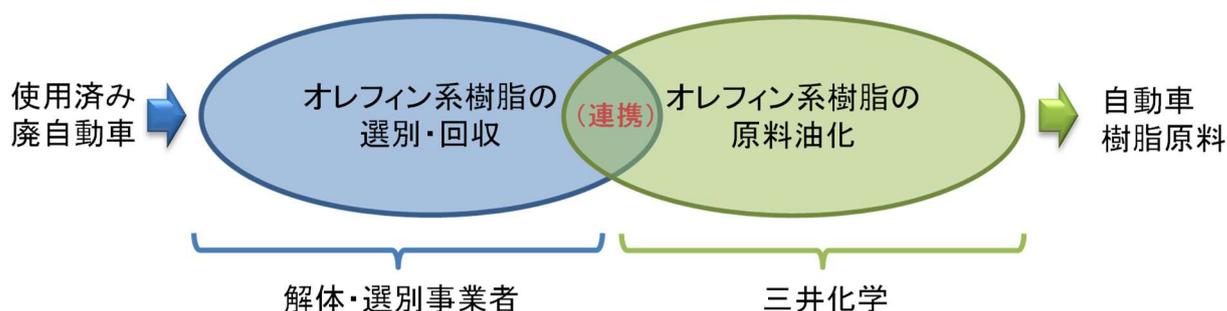


図2-1. 対象技術・システムの構成

#### (2) 開発課題と解決策（アプローチ）

本対象技術・システムの開発は、①オレフィン系樹脂の調達・品質確保、②原料油化プロセスの構築、③経済性の確保の3つを課題としており、それぞれ以下のアプローチで検討する。

##### ①オレフィン系樹脂の調達・品質確保

ASR には、樹脂だけでなく、金属や木くず、ゴムなども含まれており、油化処理するためには、異物や忌避物質が混入しないように前処理して、一定以上の品質を確保することが重要である。一方、オレフィン樹脂の原料調達先となる解体事業者や破碎・選別事業者では、それぞれ自動車の解体・処理方法が異なるため、選別・回収されるオレフィン樹脂の品質も様々である。

このため、本研究開発では、オレフィン系樹脂の品質および回収量を確保できるように、油化原料とする樹脂のサンプルおよび調達先を選定し、要求品質および前処理方法を検討するとともに、原料を安定的に確保するための調達先ネットワークの構築を検討する。

#### 【オレフィン系樹脂の調達・品質確保のためのアプローチ】

- ・樹脂サンプルの調達先の選定
- ・油化原料とするための要求品質および前処理方法の検討
- ・原料を安定的に確保するための調達先ネットワークの検討

#### ②原料油化プロセスの構築

廃プラスチックのケミカル・リサイクル（油化）に関しては、1970年代のオイルショックの頃から省資源の観点により数々の基礎研究、プロセス開発が行われてきたが、これまでの油化技術は、燃料用途をねらった『燃料油化』であり、元の化学原料（C10以下のナフサ相当化合物）にまでに分解する『原料油化』技術はまだ確立されていない。加えて、ASRから選別・回収された多品種のオレフィン系樹脂を前提としたプロセスを構築する必要がある。

このため、本研究開発では、既存技術や先行研究等を踏まえて製品スペックの検討およびプロセスフローの設計を行った上で、原料油化技術の検証を委託する技術保有企業を選定し、小試験およびベンチ設備（スケールアップ）によるプロセス検証を実施する。

#### 【原料油化プロセスの構築のためのアプローチ】

- ・既存技術や先行研究等を踏まえた製品スペックの検討、プロセスフローの設計
- ・原料油化技術の検証に向けた保有企業（委託先）の選定
- ・小試験およびベンチ設備（スケールアップ）によるプロセス検証

#### ③経済性評価

廃プラスチックのケミカル・リサイクル（油化）は、容器包装リサイクル法の施行に伴って複数の油化事業が開始されたが、廃プラスチック原料の安定的な確保が困難となったり、得られる製品の品質が必ずしも高くなく、またコスト的に採算が合わないために、現在ではほとんどの油化設備が廃止されている。本開発技術・システムにおいても、経済性の確保が重要課題である。

そこで、本研究開発では、できるだけ低コストの油化プロセスの構築を目指すだけでなく、①で検討を行う、処理コストの軽減のためのオレフィン系樹脂の品質基準と油化条件の最適化や、物流コストの低減のための効率的な調達先ネットワークの構築と連携させた評価を行う。

【経済性評価のためのアプローチ】

- ・ 低コストの油化プロセスの構築
- ・ オレフィン系樹脂の品質基準と油化条件の最適化（①と連携）
- ・ 効率的な調達先ネットワークの構築（①と連携）

## 2.2 研究計画ロードマップ

表 2-1 に研究計画のロードマップを示す。2017 年度には、主にオレフィン系樹脂サンプルの調達先の選定および分析と、先行技術調査に基づく原料油化における課題の抽出、原料油化プロセスフロー案の構築および概算見積を実施した。2018 年度には、小試験によるプロセス検証を行って原料油化技術を絞り込むとともに、オレフィン系樹脂サンプルの調達可能性について検証を行った。2019 年度には、小試験およびベンチ設備でのプロセス検証を通じて、原料油化のための要求品質を見定め、要求品質を満たす樹脂原料を調達するための前処理方法および調達ネットワークを検討するとともに、商用規模の原料油化プロセスに基づく経済性評価を実施した。

2020 年度には、事業化に向けたプロセスの確度向上のため、窒素等の不純物除去に関するプロセス検討とともに、原料調達コストの精査および油化プロセスのコストダウンとして 20 円/kg を目標として検討を実施する。

将来的には、商用プラントの継続的運営を通し、油化事業を「資源リサイクルの事業モデル」として広く国内外へ浸透・普及させ、ASR の削減を通じて環境負荷の低減に貢献することが目指すべき姿である。

次ページ以降に各研究項目に関する概要を示す。

表2-1. 研究計画ロードマップ

内容	2017年度		2018年度		2019年度		2020年度		2021年度以降
	上期	下期	上期	下期	上期	下期	上期	下期	
①オレフィン系樹脂の調達・品質確保	調達先検討	サンプル分析 候補原料選定		前処理方法の検討 調達先ネットワークの検討				調達コスト精査	
②原料油化プロセスの構築	技術調査	技術保有先の選定 プロセスフロー(案)構築	小試験での油化検証 ベンチ設備仕様の確定		ベンチ設備での油化検証 精製工程の検討 プロセス概念設計		プロセスの確度向上 精製工程の追加検討		
③経済性評価					概算見積り 経済性概算評価				実証評価 実機基本設計 経済性評価

## 2.2.1 オレフィン系樹脂の調達・品質確保

### (1) 樹脂サンプル・調達先の選定

原料油化においては、ASR から得られるオレフィン系樹脂の品質を一定以上確保することが必要不可欠であり、原料油化に求められる要求品質を検討するにあたって、ASR から選別・回収する樹脂サンプルの調達先を調査・選定する。調達先としては、ASR からの樹脂サンプルの選別・提供に協力可能な破碎処理事業者の数社とともに、品質の基準サンプルになると考えられる手解体を行う解体事業者 1 社を選定する。

### (2) 原料油化のための要求品質および前処理方法の検討

#### 原料油化のための樹脂の要求品質の検討

選定した調達先から樹脂サンプルを入手して、各サンプルの成分分析を行い、オレフィン系樹脂の割合や懸念物質の含有状況などを把握する。基準サンプルとした手解体の樹脂サンプルに比べて、ASR から選別した樹脂サンプルの品質レベルを確認する。さらに小試験およびベンチ設備による樹脂サンプルの油化处理を行い、原料油化のための要求品質を見定める。

#### 要求品質を確保するための前処理方法の検討

原料油化のための要求品質を踏まえ、その要求品質を満たすために必要となる前処理方法（樹脂選別プロセス）を検討する。事業性を確保するためには、要求品質を満たすオレフィン系樹脂原料を大量に効率的に集約することが重要なポイントとなる。原料油化プラントに供給可能なオレフィン系樹脂を既存の破碎処理事業者・再資源化施設からどれくらい集約できるのか、品質・経済性の観点から検証する。

### (3) 原料を安定的に確保するための調達先ネットワークの検討

原料を安定的に確保するため、調達先ネットワークをより拡大させていくことが重要になる。使用済み自動車の取扱規模や樹脂選別能力及び上記技術的課題への対応の観点からオレフィン系樹脂の集荷拠点の候補となりえる破碎処理事業者・再資源化事業者の抽出・選定を行う。あわせて破碎処理事業者・再資源化事業者から原料油化プラントまでの供給物流の効率化に関する検討も実施する。

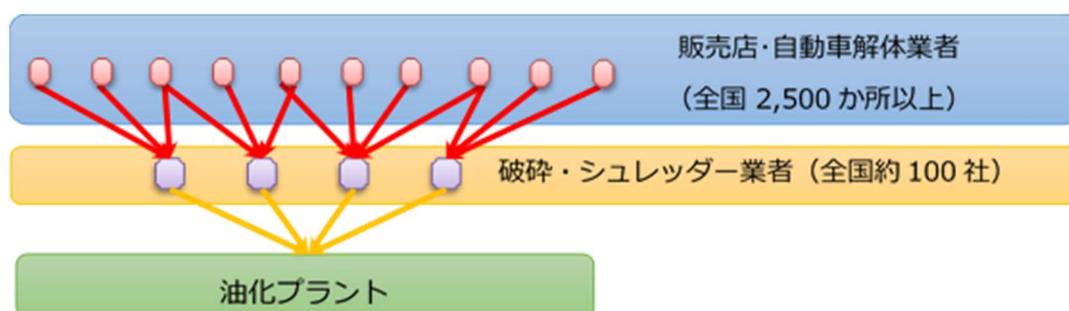


図2-2. 調達先ネットワークのイメージ

## 2.2.2 原料油化プロセスの構築

### (1) 既存技術や先行研究等を踏まえた課題の抽出、プロセスフローの設計

燃料油化に関わる商業化事例や先行研究等に関する各種調査を行い、原料油化技術の実用化に向けた課題として、プロセス、安全性、採算性、懸念物質、製品スペック等を明確化する。その上で、課題をクリアできる原料油化プロセスフローを設計し、プロセスの概算コストを算出する。

### (2) 小試験およびベンチ設備（スケールアップ）によるプロセス検証

油化技術・設備を保有するメーカー／大学を調査し、原料油化のための技術をもつ有望企業を選定する。選定企業において、まずは数十 kg スケールの小試験（油化テスト）を実施し、抽出された課題を検証して、ベンチ設備でのスケールアップ条件の決定、および商業生産プロセスの詳細設計へ繋げる。

- ・ 最適な反応形式、分解／後処理／精製条件の検証、触媒の選定
- ・ 不純物の除去／無害化設備の選定
- ・ 分解残・カーボンの除去／処理法の検証
- ・ 回収物組成、物質収支／熱収支の把握
- ・ 環境保安上必要な設備、対策の明確化

## 2.2.3 経済性評価（詳細な設備仕様の選定、詳細コストの見積り）

前項に挙げた課題を検証し、その結果を踏まえて設備仕様の詳細を決定するとともに、原料油化プラントの詳細コストの見積もりを行う。また ASR からのオレフィン樹脂の調達コストや原料油化プラントの運転コスト等も含め、原料油化事業としての経済性評価を実施する。

## 2.2.4 中長期的な計画（2021 年度以降）

4 年間にわたる研究の後、商業生産の機器スペックの詳細、運転条件等を決定し、並行して商業機設置サイトの選定、物流の適正化、ナフサ価格動向を考慮した、詳細な経済性評価を実施する計画である。

### 2.3 研究開発の実施体制

本研究は、主に原料油化プロセスを検討する三井化学と、主にオレフィン系樹脂の調達・品質確保を検討するエムエム建材が連携し、ASR からオレフィン系樹脂をケミカルリサイクルする原料油化事業の検討に取り組む。また、オレフィン系樹脂の調達・品質確保に関わる検討を中心に、自動車および ASR のリサイクルに豊富な知見を有するエコメビウスやインテグレーションケイが技術アドバイザーとして参画する。

表2-2. 研究開発における主な役割分担

課題	アプローチ	三井化学	エムエム建材
①オレフィン系樹脂の調達・品質確保	樹脂サンプル・調達先の選定	△	○
	油化原料とする要求品質の検討	○	－
	要求品質のための前処理方法の検討	－	○
	調達先ネットワークの検討	－	○
②原料油化プロセスの構築	既存技術や先行研究等の調査	○	－
	製品スペックの検討	○	－
	プロセスフローの設計	○	－
	技術保有企業（委託先）の選定	○	－
	小試験およびベンチ設備によるプロセス検証	○	－
③経済性評価	低コストの油化プロセスの構築	○	－
	オレフィン系樹脂の品質基準と油化条件の最適化	○	○
	効率的な調達先ネットワークの構築	－	○

### 3. 2020 年度の研究計画概要

#### (1) 調達先ネットワークに関する検討

2019 年度までの研究開発により、要求品質を確保するための前処理プロセスを検討した結果、要求品質のうち窒素分（N 分）の目標である 200ppm 未満を満たしていないことに加えて、要求品質を達成するための前処理プロセス現行案ではコスト負担が大きいことが、事業化における重要な課題として明らかとなった。また、原料調達ネットワークについては、大手 2 社と並行し、中小事業者からの調達シミュレーションを行った結果、1.5 万トン程度の原料調達量となり、当初想定していた 5 万トンには不足することがわかった。

このため、2020 年度では、事業化に向けて、以下の課題に関する調査検討を行った。

##### ①前処理プロセス

- ・原料品質の向上（窒素分の更なる低減）
- ・コストダウン（選別装置の組み合わせによる機械選別のみでの処理フロー構築）

##### ②原料調達ネットワーク

- ・ ASR 以外からの原料調達可能性（品質、量、調達ルート等からみた適応可能性）

##### ③原料調達の経済性評価

- ・原料油化に適さない樹脂分（ASR に含まれる）の出口確保のための検討
- ・原料調達コストの精査

#### (2) 原料油化プロセスの構築

2019 年度までの研究開発では、原料油化プロセスでは、生成油をナフサクラッカーへ導入するにあたって最も懸念となるのが窒素分であること、また事業化のためにはプロセスのコストダウンが必要不可欠であり、反応条件の最適化やプロセスの改良が必要であることがわかった。さらに、原料品質の安定性や調達量の確保という観点から原料油化プロセスの確度を高めるための検討が必要である。

このため、2020 年度では、原料油化プロセスに関わる上記の残課題を検討した上で、プロセス全体設計および事業性評価の見直しを行った。

##### ①調達原料に対するプロセス確度の向上

- ・関東エリアでの ASR 品質の把握
- ・ ASR 以外の廃プラスチックでの検討

##### ②窒素除去のための精製条件の最適化

##### ③プロセス全体設計および事業性評価

#### 4. 原料調達ネットワーク（2020 年度研究結果）

##### 4.1 前処理プロセスにおける原料品質の向上

###### （1）要求品質に関わる課題（昨年度の実証結果）

2019 年度では、オレフィン系樹脂の回収率を維持しながら ABS・ウレタン・ナイロン等の混入を抑え、原料中の窒素分・塩素分の含有を低減するための選別プロセスの追加検討として、以下の事項を実施した。

- ・ ABS 除去・PP 回収率向上に関しては、比重 1.05 の水流選別ラインを導入予定である E 社のサンプルを調達し、効果の検証を行った
- ・ ウレタン・ナイロン等の除去に関しては、樹脂リサイクル事業者の乾式選別プロセスにて効果を検証した。加えて、昨年度調達した C 社のサンプルを静電分離装置、エアテーブルにて処理し、昨年度の分析結果と比較して除去効果の検証を行った。
- ・ 新たなサンプル調達先として D 社を追加した。同社では、ASR から手選別した樹脂分を粉碎洗浄、比重 1.10 での水流比重選別、さらに水槽での比重選別を行っているため、高品質なサンプルが入手できるという点でサンプル調達先に選定した。

サンプルの分析結果としては、窒素分・塩素分とも D 社のサンプルが最も低い値となった。各社サンプルの分析は以下のとおり。

- ・ E 社では ASR からの樹脂分の回収を機械選別で行っていることで、スポンジ状のウレタンや樹脂に絡みついたワイヤーハーネスの混入があり、窒素分・塩素分の値が高くなっていると考えられる。
- ・ C 社では乾式選別プロセスを追加した結果、窒素分を昨年度サンプルの 1400ppm から最大で 500ppm まで低減できており、ウレタン・ナイロン等の除去効果が見られた。
- ・ D 社では ASR から手選別で樹脂を回収しているため、スポンジ状のウレタンが付着した樹脂の混入を抑えられること、比重 1.10 の水流比重選別の後に水槽での比重選別を実施していることから、窒素分の原因となる ABS・ウレタン・ナイロン、塩素分の原因となる PVC の混入が抑えられたと考えられる。

上記のサンプル分析結果を踏まえ、不純物が最も少ない D 社のサンプルでベンチ試験を実施することとした。窒素分に関しては、D 社のサンプルでも暫定の原料規格に対して高い値となっているが、乾式選別プロセスを追加することで更に低減させることができるものと考えられる。

## (2) 窒素分の更なる低減に関する追加検討

2019年度におけるサンプル調達先は、いずれも事業用地として検討している関東エリアから遠隔地に所在する事業者となっており、事業化の際には調達コスト増加の要因となり得ることから、関東エリアでのサンプルに基づく品質の検証が必要不可欠である。

このため、今年度は関東エリアよりサンプルを調達し、昨年度同様の試験を実施して成分分析を行うこととあわせ、窒素分の更なる低減を図るべく、乾式選別装置を用いた追加の選別試験実施と、窒素分の要因と見られる自動車部材の解体工程での除去を行い、それぞれのサンプル分析を行った。

### 【対象サンプル】

#### ①関東エリアからの調達サンプル

関東の破碎業者よりサンプルを調達し、事業エリアで調達可能な油化原料の品質を把握する。

調達先はF社（神奈川県）、J社（東京都）、K社（埼玉県）の三社で、F社及びJ社からは昨年度のD社のサンプルと同様にASRより廃プラスチックを手選別にて回収し、湿式比重選別装置メーカーにて洗浄粉碎＋水槽選別の処理を行った上で成分分析を実施した。

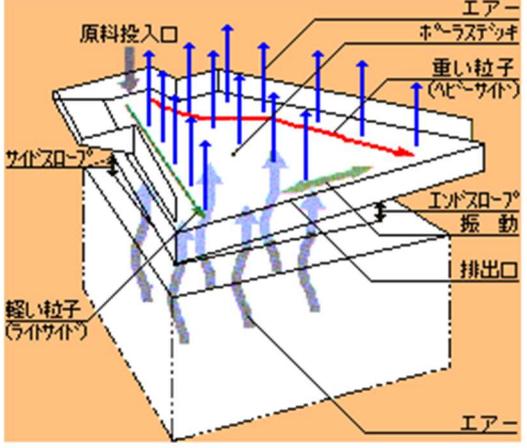
#### ②昨年度サンプルに対する追加選別

課題である窒素分の低減方策として、乾式比重選別装置メーカーにて同社が保有する乾式選別装置（ポケットエアテーブル）・湿式比重選別試験機（リタックJIG）を用いて追加試験を実施した。昨年度用いたD社のサンプルを調達し、追加試験により回収されたサンプルの分析を行った。

追加試験によるサンプルを目視確認したところ、それぞれ以下のような状況であった。

- ・ポケットエアテーブルのみ：重量側には目視上発泡ウレタンや繊維の混入は見受けられなかった。一方で軽量側には硬質プラもある程度混入しており、油化原料としての歩留が下がる見込みがある。
- ・JIG選別のみ：ウレタンの混入が少量見られた。
- ・エアテーブル＋JIG選別：浮側、中間、沈降側とも目視上ウレタンや繊維の混入は見られなかった。中間層は比重1.0付近のものであり、恐らくタルク入りのオレフィン系プラ。中間層には沈みきらなかったABSが混入している可能性がある。

表 4-1. 追加選別試験に用いた設備

追加試験設備	概要
<p>乾式選別装置（ポケットエアテーブル）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ テーブル型の乾式比重選別機</li> <li>■ 流動デッキの面積 0.0446 m<sup>2</sup>・重量 29kg と小さく、装置の設置面積は B3 サイズ以下</li> <li>■ 約 100g の試料でベンチスケール試験機とほぼ同等の選別精度を発揮可能</li> <li>■ 廃プラスチック混合物（PP・PE・PS・PET・PVC 等）を比重別に分離除去可能</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
<p>湿式比重選別試験機（リタック JIG）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 水の脈動を利用し比重別に物質の層を形成、選別機上下の境目から分離した粒子を回収する構造で、比重差が 0.1 以上あれば選別が可能</li> <li>■ PVC・ABS・PP・PS 等成分の異なるプラスチックを選別可</li> <li>■ ビルトイン方式の為、選別ライン上での設置が容易</li> <li>■ 選別には特殊な薬液では無く水のみを使用</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div>

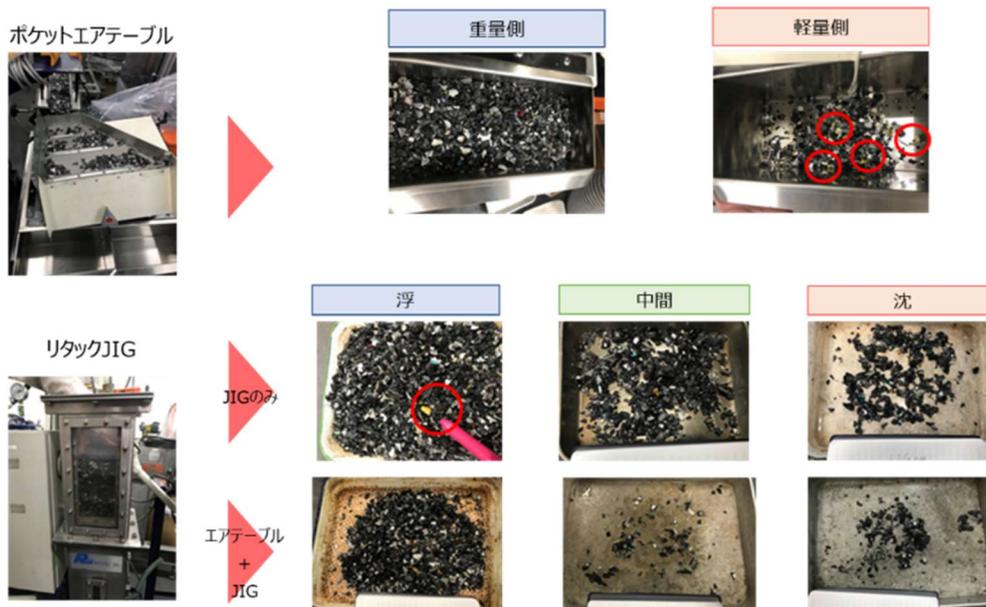


図 4-1. 追加試験実施後のサンプル写真（赤丸部分が発泡ウレタン）

### ③シート分離におけるサンプル

ASR 由来の油化原料サンプルにおける窒素分の原因として、自動車のシートに含まれるウレタン・ナイロンの存在が考えられる。これらを完全に除去するためには、解体段階でのシートの取り外しが必要となる。K 社より、予めシートを除去した上で破碎した ASR のサンプルを調達し、効果の検証を行った。



図 4-2. シート除去済みの解体自動車及び破碎後の ASR

### ④自動車の内装材サンプル

自動車解体業者によると、メーカー・車種によって異なるものの、自動車の内装に用いられているカーペットや接着剤にも窒素分の原因となる素材が含まれている可能性があることをわかった。カーペットを除去するためには、シート、シート基部のレール、ダッシュボード等のインパネ部分を解体段階で手作業にて取り外す必要があり、K 社より内装材を除去したサンプルを調達した。

【検証結果】

①②関東エリアおよび追加試験によるサンプル分析結果

関東エリアの破砕業者である F 社、J 社より調達した油化原料及び追加プロセスを実施した各サンプルの分析結果を表 4-2 および図 4-3 に示す。

F 社のサンプルは D 社に次ぐ品質であり、D 社と同等レベルの品質を確保できるものとして、商業化時における油化原料調達先の検討対象とする。一方、J 社のものはウレタンや綿埃などが多く、品質悪化の要因と見なされる。

表 4-2. 関東エリアでの油化原料サンプル成分

		19年度	ASR	
		D社	F社	J社
<b>微量不純物</b>				
<b>[ppm]</b>				
S	添加剤	77	95	137
N	ABS, AS, ウレタン	450~600	390~690	860~1100
Si	タルク	3.40%	3.70%	2.20%
P	難燃剤?	91	112	101
Cl	PVC	~200	~320	160~320
Br	難燃剤	未検出	未検出	~5

昨年度の分析結果、および今年度の追加処理の有無における結果を比べたところ、乾式選別装置での追加処理により若干の窒素分の改善はあるものの、要求品質と比べて改善効果は限定的なものに留まった。

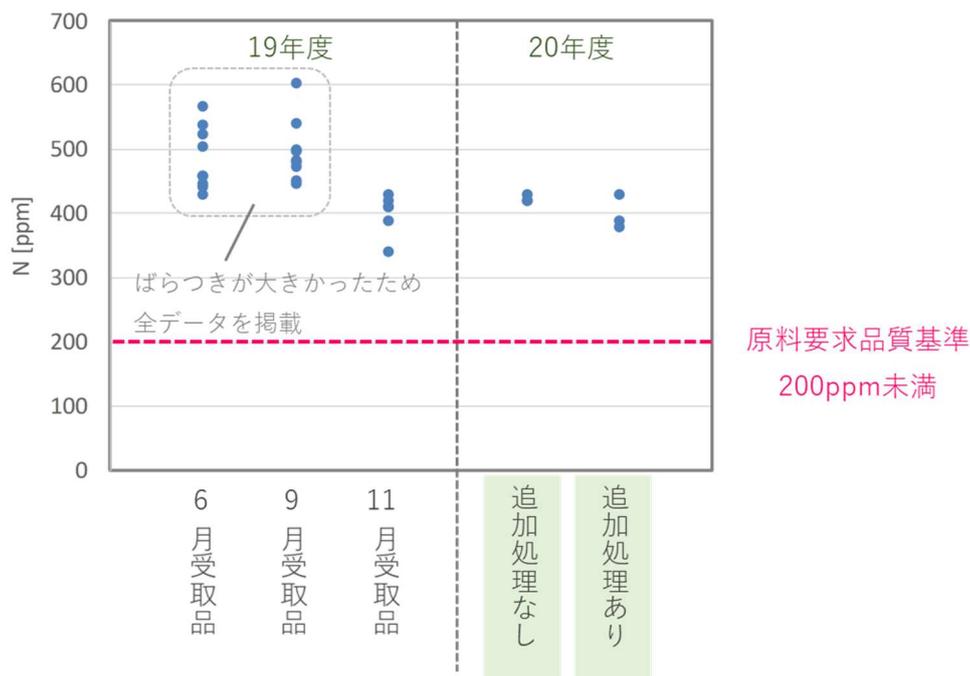


図 4-3. 乾式選別装置試験実施後の追加サンプル成分

### ③シート分離によるサンプル分析結果

シート分離によるサンプルを分析した結果、シート除去の有無に関する窒素分の低減は確認できず、昨年度のD社のサンプルと比べても品位が低いことがわかった。

サンプルを調達した自動車解体・破碎業者のK社は、破碎・選別設備の老朽化が進んでおり、ASRの手選別が行われていないために、油化原料のために必要となる品位レベルではなかったと考えられる。

このため、後述の処理フロー案作成の際には、機械選別装置を組み合わせる形にて対応することとした。

表 4-3. 乾式選別装置試験実施後の追加サンプル成分

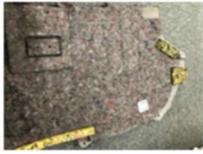
		19年度	K社	
		D社	シート分離前	シート分離後
<b>微量不純物[ppm]</b>				
S	添加剤	77	1100	1500
N	ABS, AS, ウレタン	450~600	8000	8000~9000
Si	タルク	3.40%	2.10%	1.70%
P	難燃剤?	91	138	162
Cl	PVC	~200	5000~6400	11000~12000
Br	難燃剤	未検出	8~11	20~54

#### ④自動車の内装材サンプル

K社より内装材を除去したサンプルを調達し、材質を確認したところ、一部のメーカー車両において窒素分の原因となるポリウレタンの使用が確認できた。

内装材の除去については、上記シート分離と併せ自動車解体工程時に実施されることが望ましいが、これらが前処理プロセスに含まれない工程（自動車破碎以前）である事から処理フロー上へ組み込むことは困難と考えられる為、機械選別装置の組み合わせにて対応する。

表 4-4. メーカー別・車種別 内装材（カーペット等）材質

メーカー	車種	表面	裏面	材質
トヨタ	IQ			 カーペット：PET,PE-LD サイレンサー：EPDM-MD70,PET
ホンダ	不明			 カーペット：PET,PE フェルト：PET フック：PP（カーペットの留具？）
マツダ	MPV			不明 ※裏側は白いフェルトのような素材
日産	セレナ			 PE,PET, <b>PUR</b>

#### (3) 要求品質を確保するための前処理プロセス

現時点で考えられる前処理プロセスを図 4-4 に示す。窒素分の低減・除去については、湿式比重選別機による前処理の後、エアテーブルでの乾式選別を掛けることである程度の低減は見込まれるものの、油化原料の数量を担保する上で希釈材（窒素分の含まれていない廃プラスチック）の投入が必要不可欠と考える。希釈材の投入数量に関してはコスト面も含めたバランスを考慮しながら算定する必要がある。

- ① バリスティックセパレータ : ASR に最も多く含まれる土砂・ガラスを回収
- ② 磁力選別機 : ASR 中より鉄を回収
- ③ 渦電流選別機・電磁ファインダー : 非鉄（アルミ・銅線）を回収
- ④ 光学式オートソート : PP・PE 以外のプラスチックを回収

- ⑤ 1軸破碎機 : 湿式選別し易い様に前破碎を行う
- ⑥ 湿式比重選別機 : 比重 1.0 以下 (PP・PE) を回収  
併せて比重の重い ABS 等も回収する
- ⑦ エアテーブル : スポンジ状のウレタン・繊維状のナイロンを除去

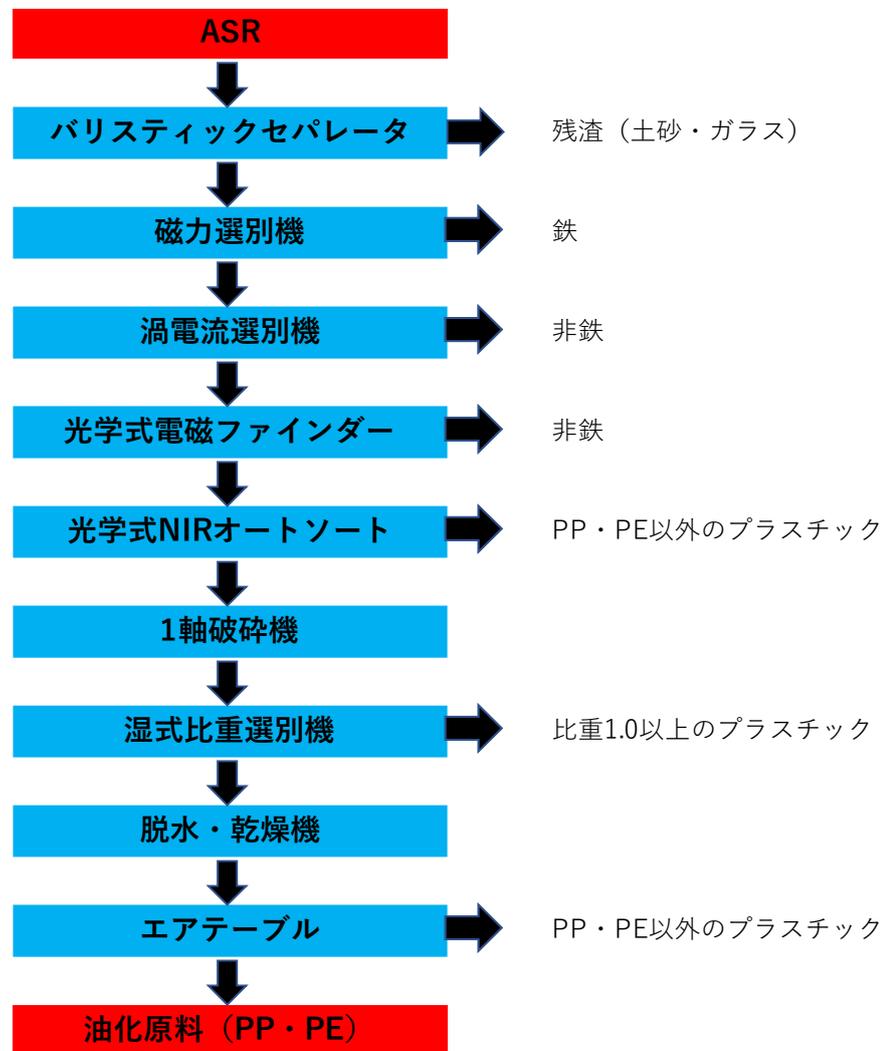


図 4-4. 要求品質を確保するための前処理プロセス

## 4.2 調達先ネットワークの検討

### (1) 調達先ネットワークに関わる課題（昨年度の実証結果）

2019年度の実証において、関東圏で調達先ネットワークの構築を検討するにあたり、大手リサイクラー2社及び中小規模業者にヒアリングを行った上で、事業形態に関わる検討を行った。

破碎処理事業者は、SR（シュレッダーダスト）処理費の高騰を背景に再資源化施設認定を受けようという意欲が低下しているということから、油化事業を行う拠点の近隣でASRを集約してオレフィン系樹脂を選別する調達先ネットワークの構築は難しいという考えに至った。

このため、再資源化施設の認定を受けていない破碎処理事業者に樹脂の選別設備を導入し、その業者から有価で原料（オレフィン樹脂）を購入することを想定しつつ、国内に複数の工場を持つ大手事業者を主な調達先のターゲットとし、更に中小事業者へも選別設備の導入意欲をヒアリングし、原料調達の可能性を検討した。

今年度では、大手リサイクラー2社に対し、実施に選別設備を導入する場合の事業用地の確保等の点からヒアリングを実施し、事業展開の可能性を検証した。あわせて昨年度の課題であった、ASR以外からの油化原料の調達に関しても、各対象物の発生業者よりサンプル調達し成分の分析を行い、原料調達の可能性を検討した。

### (2) ASRからの調達量の精度向上（設備投資を含めた事業スキームに関する具体化）

昨年度に引き続き、全国5工場にシュレッダー設備を持つF社、全国8工場にシュレッダー設備を持つG社の大手2社を対象とし、事業展開の可能性を検証した。

#### F社

同社で自動車用破碎機を保有している事業場は4工場である。この内、工場敷地の面で現状事業展開の可能性がある先は1工場のみであった。他の3工場に関しては場内が狭く、新規に選別ラインを設置する余裕はないとの結果となった。可能性がある1工場においても選別ラインを新設する際は場内のレイアウト変更が必要とみられている。

#### G社

関東エリアの同グループ内で自動車用破碎を行っている事業場は5工場である。こちらに関してもF社と同様、事業用地に余裕がなく、現段階での選別ライン新設は困難との判断であった。

以上の検討結果を受け、昨年度検討した、破碎処理事業者が個別に樹脂選別設備を導入して各業者より有価で油化原料を購入する事業形態から、ASRの集約拠点を用意して再資源化施設の認定を受けた上でオレフィン系樹脂を選別する集約型の事業形態に変更することとした。

なお、上記F社の1工場等、自社でのオレフィン系樹脂選別可能性がある先に対しては、油化原料の購入先として検討を継続する方針である。

### (3) ASR以外からの原料調達可能性（品質、量、調達ルート等からみた適応可能性）

2019年度では、ASR以外からの油化原料の調達可能性のあるものとして、容器包装由来の廃プラスチック、家電由来の廃プラスチック、小型家電由来の廃プラスチック、産業廃棄物/一般廃棄物の中間処理後の廃プラスチックなどを対象に調査を実施した。

今年度では、各対象物の処分業者より実際に各社から発生するオレフィン系廃プラスチック（PP・PE）のサンプルを調達し分析を実施した。

表 4-5. ASR以外の廃プラスチック分析結果

		ASR以外	
		小型家電由来の廃プラ	容器由来の廃プラ
<b>微量不純物</b>			
<b>[ppm]</b>			
S	添加剤	430	120
N	ABS, AS, ウレタン	6500～7500	730～1100
Si	タルク	0.50%	0.10%
P	難燃剤？	177	76
Cl	PVC	100～420	800～1100
Br	難燃剤	100～150	未検出

① 容器包装由来の廃プラスチック

調査対象：L社（富山県）

L社では、自治体より入札で容器包装プラスチックを仕入れ、光学選別・比重選別・振動篩等により硬質・軟質のPP・PE・PS等10種類に選別している。選別したプラスチックのうち、PP・PEの混合ミルのサンプルを調達し分析を実施した。

サンプル分析の結果、窒素分・塩素分ともに要求品質を大きく超える値となった。要因としては、ハムやウィンナー等の包装材に使用されるPE+PA、PE+PVDCの複合フィルムが原因である可能性がある。複合プラスチックの除去に関しては、対応策について同社と協議を継続する方針である。

② 小型家電由来の廃プラスチック

調査対象：J社（東京都）

J社では、小型家電リサイクル法に基づく地元自治体と契約の上、小型家電（家電4品目以外）を有価にて引取り、破碎して金銀滓・廃プラスチックを回収している。破碎後のプラスチックを手選別で回収し、粉碎洗浄+比重選別を実施したサンプルを調達し、分析を行った。

サンプル分析の結果、窒素分・臭素分の値が要求品質を大きく超える値となった。要因としては、小型家電に使用される樹脂としてABSが多いことが考えられ、家電由来の廃プラスチックは油化原料としては適さないものと判断する。

③ （建設系）混合廃棄物由来の廃プラスチック

調査対象：L社（富山県）

L社では、現状、焼却・埋立処理にまわっている産廃・建廃由来の混合廃棄物から有価物を回収している。混合廃棄物から回収した硬質・軟質プラスチックは高発熱燃料として販売され、木くず等は低発熱燃料として自社焼却炉で使用されている。回収したプラスチックのうち、建廃のパイロン等の硬質系が油化原料となる可能性があるが、軟質フィルムは汚れがあるため、油化原料として利用することは難しい。

#### 4.3 原料調達のエconomic性評価

##### (1) 原料油化に適さない樹脂分（ASRに含まれる）の出口確保のための検討

選別工程で発生するオレフィン系プラスチック以外の残渣に関しては、処理コストが発生することから、受け皿となる処理先を出口として確保する必要がある。

油化に適さないABS・PVC・ウレタン等のプラスチック処理先としてセメントメーカーを想定し、同セメントメーカーが現在実証試験を行っている低温加熱脆化プラントでの可能性を模索したが、まだプラントでの試験段階であったために具体的な検討結果には至っていない。引き続き、出口の確保先としての検討を行う方針である。

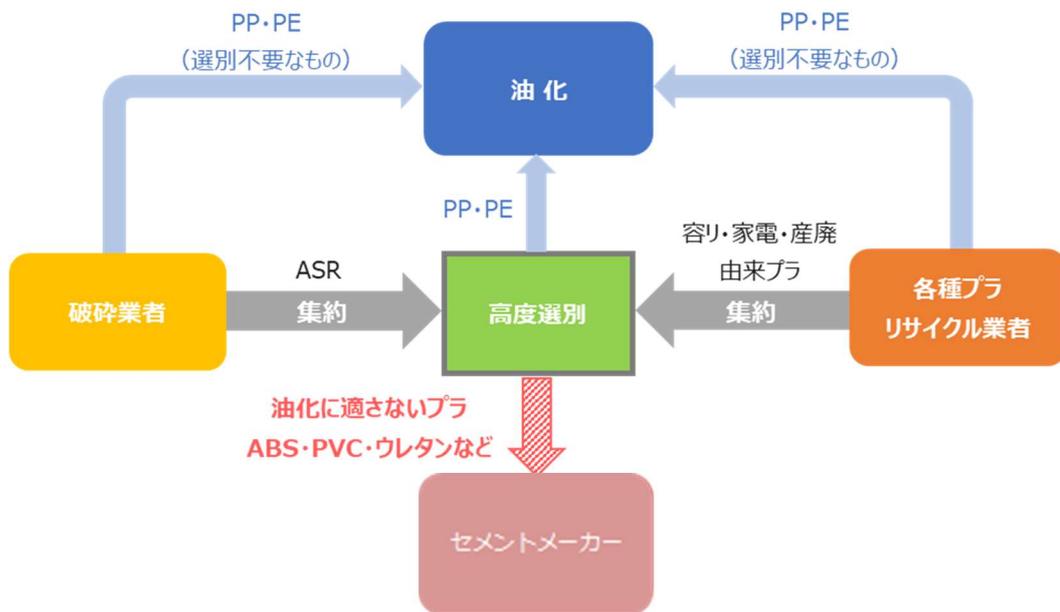


図 4-5. 油化に適さないプラスチックの処理に関するイメージ

##### (2) 原料調達コストの精査

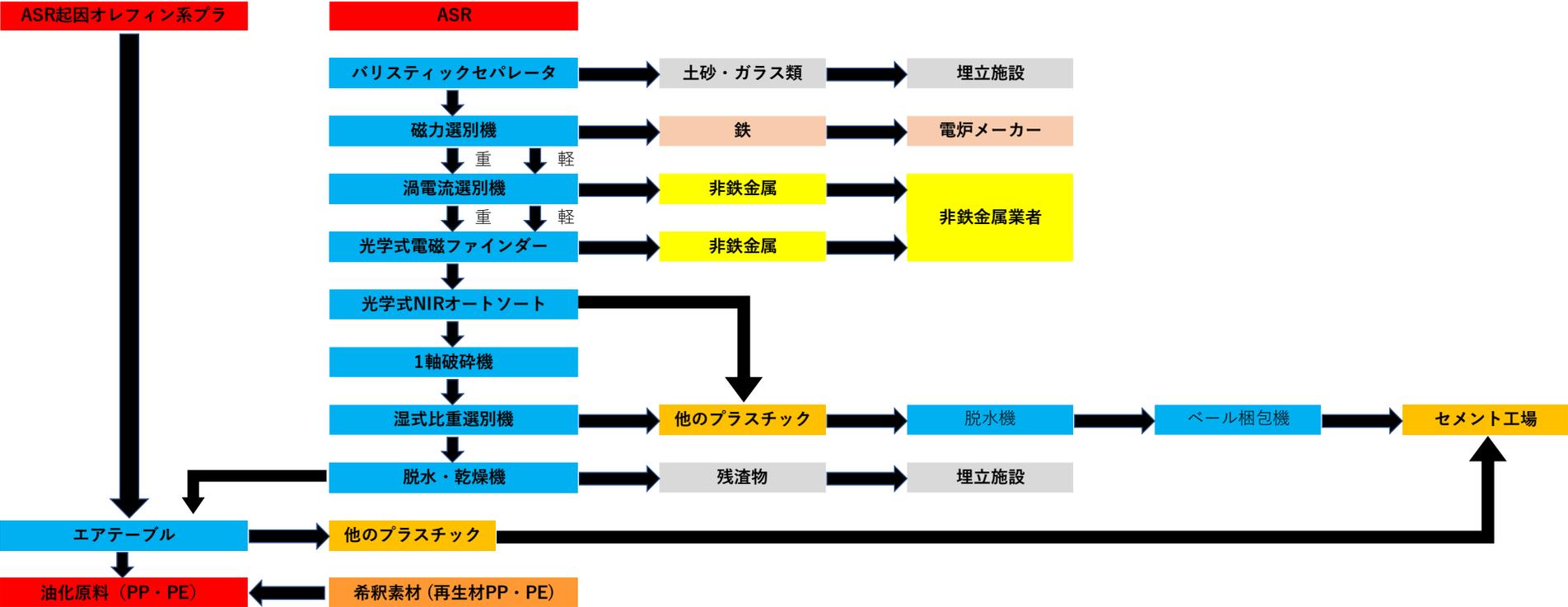
###### ①ASR 集約型処理施設における選別設備フローおよびレイアウトの作成

図 4-5 にて示した前処理プロセスを元に、選別設備フローを検討し、設備を設置する建屋に關してもレイアウト図（案）を作成した。

- ・選別設備（図 4-6）：A グレード素材（一部シュレッダー業者より ASR 由来廃プラスチックを購入）2,000t・B グレード素材（ASR）48,000t、計 50,000t/年の選別設備を想定した。選別後のオレフィン系プラスチック（PP・PE）と希釈材を合わせ、年間 15,000t の油化原料を供給すると見込む。

- ・建屋（図 4-7）：事業用地が関東エリアとなることを鑑み、東京～千葉～神奈川の湾岸エリアに建設することを想定した。敷地面積 7,800 m<sup>2</sup>、建屋の延床面積として工場棟 3,100 m<sup>2</sup>/倉庫棟 1,000 m<sup>2</sup>/事務所棟 200 m<sup>2</sup>（高さ 10m 迄）の規模になると見込む。

図 4-6. 選別設備フロー図





## ②原料調達コストの試算結果

前述の設備フロー図・建屋イメージ図を元に、事業化した際の初年度における P/L を作成し、事業可能性を検証した。P/L 内における各項目の算出方法は下記の通りとなっている。

- 売上高：ASR 処理費用(¥30,000/t×48,000t)  
+有価物売上(鉄屑 60 百万円+非鉄屑 288 百万円+油化原料¥41,500/t×15,000t)
- 売上原価：(変動費) A グレード品・希釈材調達費用(¥60,000×9,500t)  
+廃棄物処分費(1235.5 百万円)+油化原料運搬費用(¥7,000t×15,000t)  
(固定費) 電力費+施設維持管理費+減価償却費+固定資産税+従業員給与
- 販管費：従業員給与+法定福利費+諸雑費+租税公課+火災保険料
- 減価償却費：選別設備+建設工事+機械工事+機械設備(フォークリフト等)+環境アセスメント
- 環境省 施設補助金：選別設備・機械工事費用の 33%(287.7 百万円)

上記の前提条件により算出された初年度の損益分岐点（当期純利益が±0 となる時点の油化原料の販売単価）として、油化原料の販売単価を 41.5 円/kg と設定した。なお、損益分岐点算出の際に定めた要素のうち、土地代・施設建設費用・産廃処分費用等は変動する可能性があり、事業化の際には精緻な検証が求められる。

表 4-6. 事業化初年度における予想 P/L

●P/L		(単位：百万円)
		1年目
売上高 (廃棄物処理)		1,440
売上高 (有価物)		971
売上原価 (変動費)		(1,911)
	(固定費)	(313)
売上総利益		187
販管費		(37)
減価償却費		(140)
販管費計		(177)
営業利益		10
受取利息		
営業外収益		-
支払利息		(39)
営業外費用		(39)
経常利益		(29)
環境省 施設補助金		288
圧縮記帳見合いの取崩益		29
特別利益		316
施設補助金 圧縮記帳		(288)
特別損失		(288)
税引前当期純利益		(0)
法人税等 (実効税率32%として)		0
当期純利益		(0)
損益分岐点 (油化原料円/kg)		41.5

#### 4.4 事業化に向けた原料調達に残課題

今年度に作成した選別設備フローについては、窒素分除去を選別工程のみで完了することが困難であり、1万5,000トンの油化原料を調達する際、乾式選別後の油化原料に希釈材を投入することで窒素分の低減を図ることを前提としている。事業化に向けては、以下の2点が残課題となる。

課題①：希釈材となるオレフィン系再生プラスチックとしては容器包装リサイクル材を想定しているが、現状のサンプル分析結果では窒素分の完全な除去ができておらず、L社との間で選別すべき廃プラスチックを定めた上で、除去方法を検証する必要がある。

課題②：油化原料を三井化学の建設する油化プラントまで運搬する際の荷姿（フレコン詰め・ベール品）が定まっておらず、荷姿によっては原料の梱包設備が変更となる可能性がある。梱包設備に伴う追加費用分は、ある程度は運賃で吸収できるものと思われるが、検討次第では採算分岐点の変動する可能性がある。

また選別施設の立地は三井化学が建設する油化プラントにできるだけ近い方が望ましいが、現在想定している事業用地から変更となる可能性もあるため、事業化に向けては運搬方式とあわせて更なる検討を行う必要があるものと考えられる。

## 5. 原料油化プロセス（2020 年度研究結果）

### 5.1 調達原料に対するプロセス確度の向上

#### （1）関東エリアでの ASR 品質の把握

2019 年度のベンチ試験を行うにあたり、不純物濃度の低いサンプル D を選定したが、本サンプルは九州の処理業者の ASR 選別品であり、油化プロセスの事業化にあたっては遠隔地となる。そこで、今年度では、新たに関東の破碎業者より入手した ASR（サンプル F 社, J 社, K 社①, K 社②）の品質分析を行った。分析結果を表 5-1 に示す。

サンプル K①および K②は、手選別を行わず、機械選別のみであり、さらにサンプル K②は自動車の解体時にシートを取り外して破碎処理を行ったものである。サンプル F は、サンプル D と同程度の品質が得られたことから、サンプル D, F の品質をもとに原料油化プロセスの構築を行う。一方、機械選別のためのサンプル K①, K②は不純物濃度が高く、現時点では適用は難しいと考える。

表 5-1. 関東エリアで調達したサンプルの分析結果

		昨年度	今年度			
		サンプル D	サンプル F	サンプル J	サンプル K① (シートあり)	サンプル K② (シートなし)
NMR	PP	56~62%	54~57%	47~52%	39~41%	33~36%
	PE	26~32%	29~31%	36~39%	25~31%	25~27%
	PET	< 1%	< 1%	< 1%	1%	3~4%
	PVC	< 1%	< 1%	< 1%	1~2%	3~4%
	St ユニット	< 1%	< 1%	~1%	1%	1%
IR	樹脂種	ブロック PP	ブロック PP	ブロック PP	ブロック PP	ブロック PP
	その他成分	エステル	エステル	エステル、 ベンゼン環	エステル、 アミド、 ベンゼン環、 ブタジエン	エステル、 アミド、 ベンゼン環、 ブタジエン
その他	灰分	9%	11%	6~7%	8%	11~12%
	窒素分	486ppm	390~ 690ppm	860~ 1100ppm	8000ppm	8000~ 9000ppm
	塩素分	~195ppm	~320ppm	160~ 320ppm	5000~ 6400ppm	11000~ 12000ppm

## (2) ASR 以外の廃プラスチックでの検討

スケールアップによるコストダウンを目的とした ASR 以外の廃プラスチックの適用を検討するため、小型家電と容器包装のプラスチック（図 5-1）の品質分析を行った。分析結果を表 5-2 に示す。

小型家電プラスチックでは、St ユニットが高く、IR において ABS も樹脂種として推定されており、高濃度の窒素分は ABS 由来と考えられる。また、XRF では Ba や Mn なども検出され、適用は困難と考える。容器包装プラスチックでは、灰分が少ないものの、窒素分や塩素分が高く、窒素分の由来はポリアミドなどが考えられる。



図 5-1 小型家電および容器包装のサンプル外観

表 5-2. 小型家電および容器包装のプラスチック分析結果

		小型家電	容器包装
NMR	PP	47～52%	62～64%
	PE	19～21%	32～34%
	PET	< 1%	～1%
	PVC	< 1%	1%
	St ユニット	14～17%	1%
IR	樹脂種	ブロック PP ABS 樹脂	ブロック PP
	その他成分	エステル、アミド	エステル
その他	灰分	3%	< 2%
	窒素分	6500～7500ppm	730～1100ppm
	塩素分	100～420ppm	800～1100ppm

次に環境エネルギー社において、容器包装プラスチックを用いた油化試験を行った。原料は、容器包装のみ、ASRのみ、容器包装+ASR（50%ずつ混合）の3種類とした。ASRは表5-1のサンプルDを用いた。生成物収率を表5-3、分解油の組成を図5-2に示す。

容器包装において残渣が少ないのは、ASRに比べて灰分が少ないためと考えられる。分解油の組成は、原料による差はほとんど見られなかった。一方、容器包装からの分解油は、ASRに比べて窒素分と塩素分が高かった。このため、容器包装プラスチックを原料として用いるためには、さらなる精製工程の検討が必要である。

表 5-3. ASR 以外の廃プラにおける生成物収率

		容リ	ASR	容リ+ASR
収率 [wt%]	分解油	66	49	49
	残渣	3	13	6
	ガス	31	38	45

※容リ：容器包装プラスチック

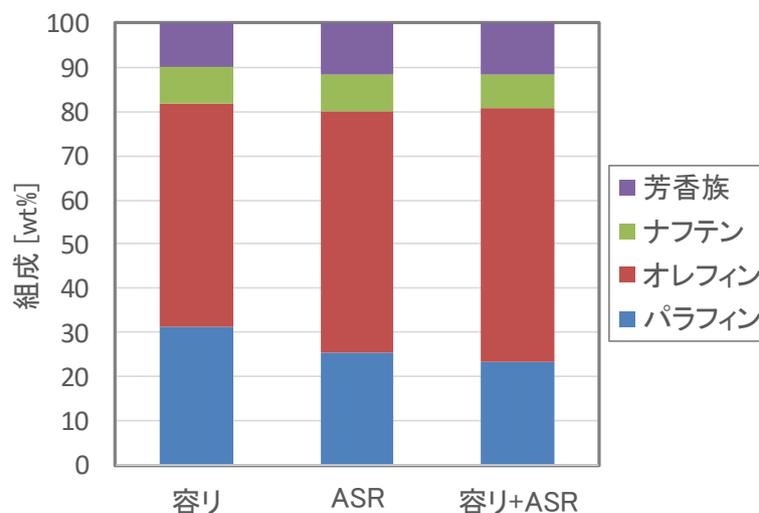


図 5-2. 分解油の組成

一方、昨年度の検討において課題となった芳香族については、すべての原料においてナフサクラッカーに導入する際は、ナフサにより希釈されることから、影響は小さいと考えられることが判明したため、芳香族除去工程は省略可能とした。

## 5.2 窒素除去のための精製条件の最適化

2019年度の検討において、硫酸により窒素分を低減できることが分かった。そこでプロセスでの取り扱いやすさから酸性の吸着剤による除去を想定して検討を行った。一方、吸着剤以外の方法として、水添工程での窒素分除去についても検討を行った。

### (1) 吸着剤による検討

吸着剤として、酸性吸着剤である活性白土、ゼオライト系の吸着剤 A および F を用い、昨年度と同様の回分式で実施した。温度の影響を調べた結果を図 5-3 に示す。窒素分残存率は、吸着前の分解油中に含まれる窒素分濃度に対する、吸着後の窒素分濃度の割合である。吸着剤 A において良好な結果が得られた。

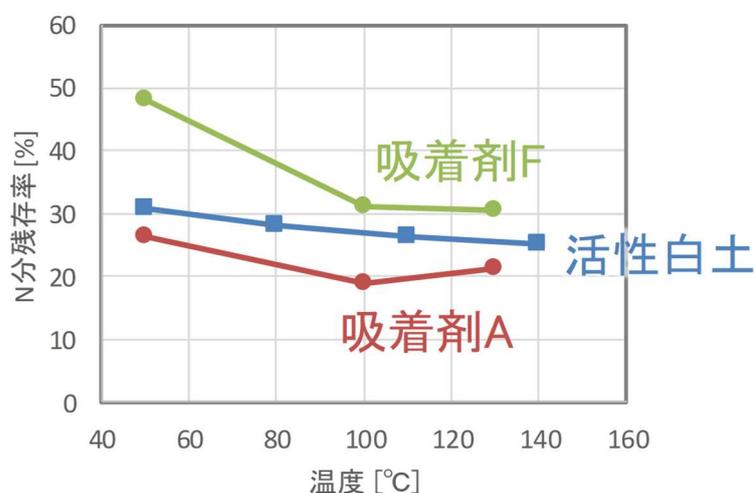


図 5-3. 異なる吸着剤における温度の影響

### (2) 水添工程における窒素除去

水添工程における主目的はオレフィンの水添であるが、水素化分解による脱窒素も同時に進行すると考えられる。そこでまず、回分式により水添反応を実施した結果を図 5-4 に示す。

窒素分の残存率は、水添前の分解油中に含まれる窒素分濃度に対する、水添後の窒素分濃度の割合である。触媒量の増加にともない、オレフィンが減少し、パラフィンが増加するとともに、窒素分が減少することを確認した。そのため水添工程と吸着剤による懸念成分除去工程を組み合わせることで窒素分を大幅に除去可能と考えられる。

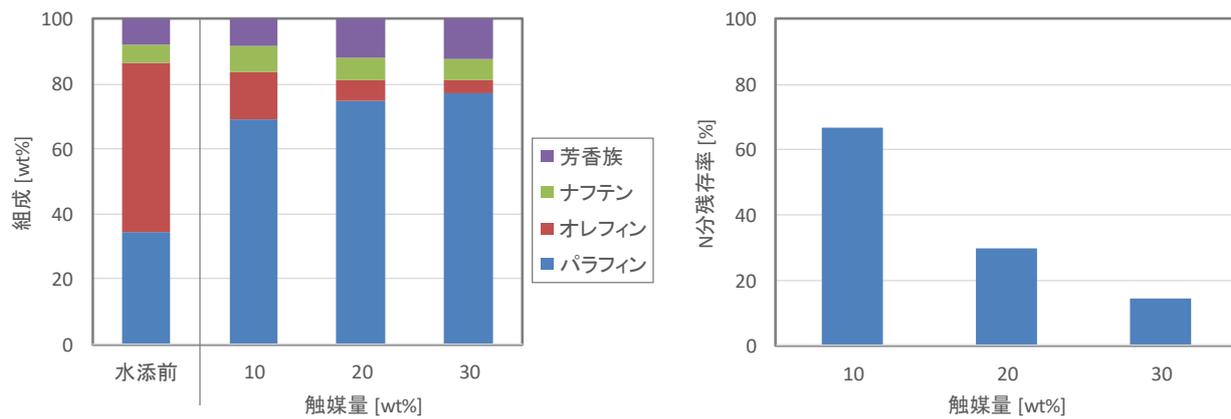


図 5-4. 水添反応における炭化水素組成 (左) および N 分残存率 (右)

### 5.3 プロセス全体設計の見直し

2020年度の検討結果を踏まえ、昨年度に作成した原料油化プロセスの想定フローの見直しを実施した。修正を行った点は以下である。

- ・精製工程③の削除
- ・不純物除去に関する精製工程の見直し

昨年度の想定フローおよび今年度検討結果を反映した想定フローを図 5-5, 6 に示す。各工程の概要は以下の通りである。

- ・分解工程：廃プラスチックを連続的に投入し、廃プラスチックは分解されてガスとなる。また、タルク成分等の残渣を排出する。
- ・精製工程①：分解ガス中の重質成分 (>C10) を分離する。重質成分は分離工程へ戻す。
- ・精製工程②：C4 以下の軽質成分を分離する。
- ・水添工程：オレフィン成分をパラフィン成分へ転化するとともに、懸念成分の一部を除去する。
- ・懸念成分の分離工程：分解油中に残存する懸念成分を除去する。
- ・精製工程③：芳香族成分を分離して、ナフサ相当成分を回収する。

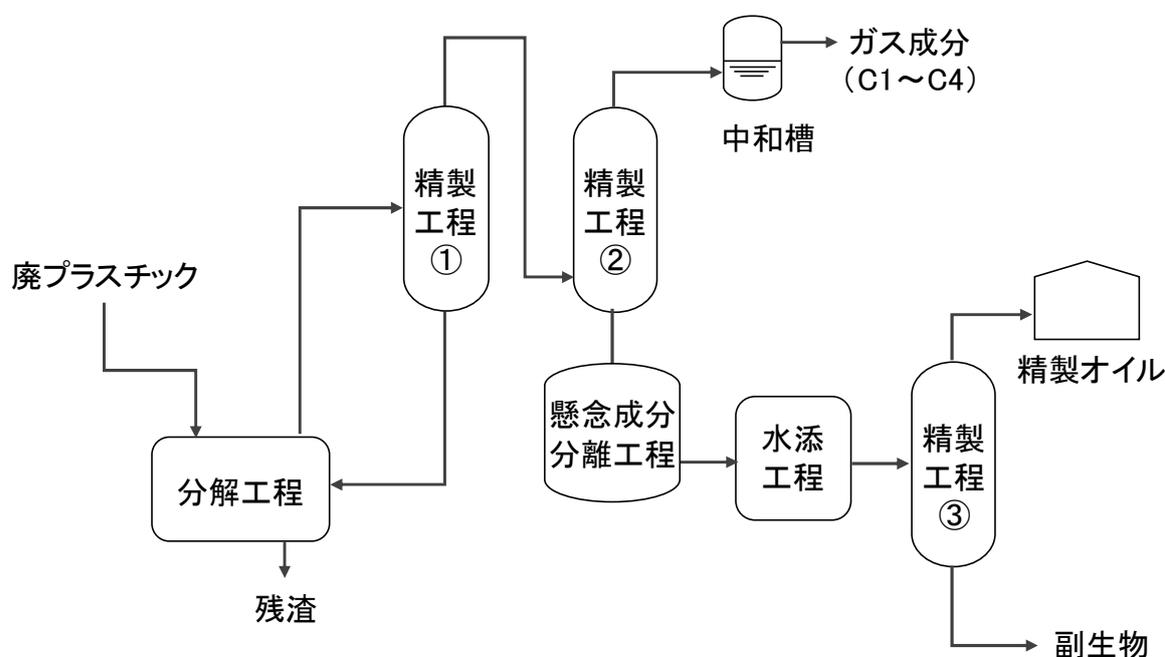


図 5-5. 2019年度の想定フロー

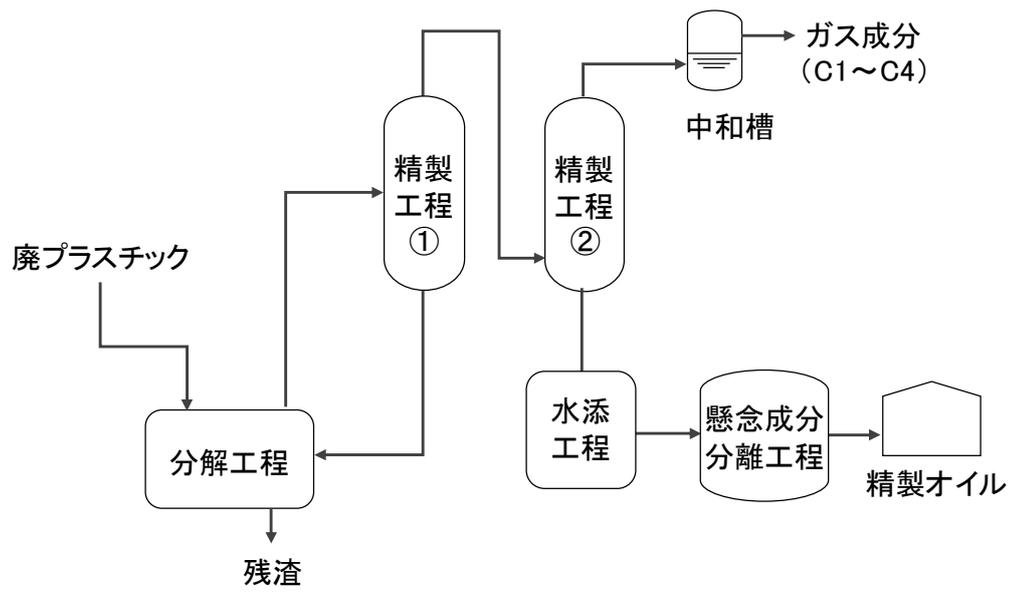


図 5-6. 2020 年度の検討内容を反映した想定フロー

#### 5.4 事業性評価

コスト算出の前提条件として、廃プラスチック（調達したオレフィン樹脂）の処理量は2019年度と同様の1.5万トン/年とし、建設費および操業に関わる固定費・比例費を考慮した。今年度の検討結果を踏まえた結果、20円/kg-product程度のコストダウンが可能と考えられる。

##### 【前提条件】

- ・原料処理量：1.5万トン-オレフィン樹脂/年
- ・建設費：建設費は油化設備本体に関わる費用のみであり、工場内設備からの用役配管といった付帯設備工事は考慮していない。
- ・ナフサ&軽質ガス生産量：油化による収率 70%

しかしながら、ナフサ価格を40～80円/kg-ナフサとすると、処理コストはナフサ価格に対し数倍程度の乖離があることは昨年度と同様であり、原料調達から油化・精製にいたるプロセス全般にわたり、さらなるコスト削減が必要である。加えて、CO<sub>2</sub>削減効果や資源循環などの効果を経済的な付加価値として評価する仕組みなども検討する必要がある。

## 6. 本研究4年間の成果まとめ

### (1) 原料の要求品質基準と前処理プロセス

水流比重選別や水槽での比重選別を行ったサンプルを分析したところ、要求品質基準に対して窒素分と塩素分の値が高い結果となったため、窒素分の原因となるABS・ウレタン・ナイロン等、塩素分の原因となるPVCの混入を抑えるための前処理プロセスの検討を行った。

その結果、ASRから手選別で樹脂を回収し、粉碎洗浄、水流比重選別、水槽での比重選別を実施したD社のサンプルでは、ABSやPVCの混入が抑えられ、窒素分・塩素分とも最も低い値となった。また、比重選別の後にゴム除去、静電分離、エアテーブル等の乾式選別を実施することでウレタンやナイロン等の混入を抑えられることが分かった。

しかしながら、ASRからの手選別による樹脂回収や、水流比重選別と水槽での比重選別の両方を行うこと、乾式選別プロセスを追加することにより選別コストが増大し、原料の販売価格が高騰する可能性があることから、手選別を用いない複数の機械による選別を組み合わせた前処理プロセス（案）を作成し、加えて窒素分等の希釈材となり得る廃プラスチックと混ぜ合わせ、油化原料とすることとした。

以上の研究成果として、現時点における要求品質基準（案）と前処理プロセス（案）は以下のとおりである。

表 6-1. 原料の要求品質基準（案）【再掲】

	成分	基準
樹脂構成	PP, PE, 灰分以外	1%未満
不純物	窒素分	200ppm 未満
	塩素分	100ppm 未満

注) 通常のナフサと混合してナフサクラッカーへ導入される場合、要求品質が変わる可能性もある。

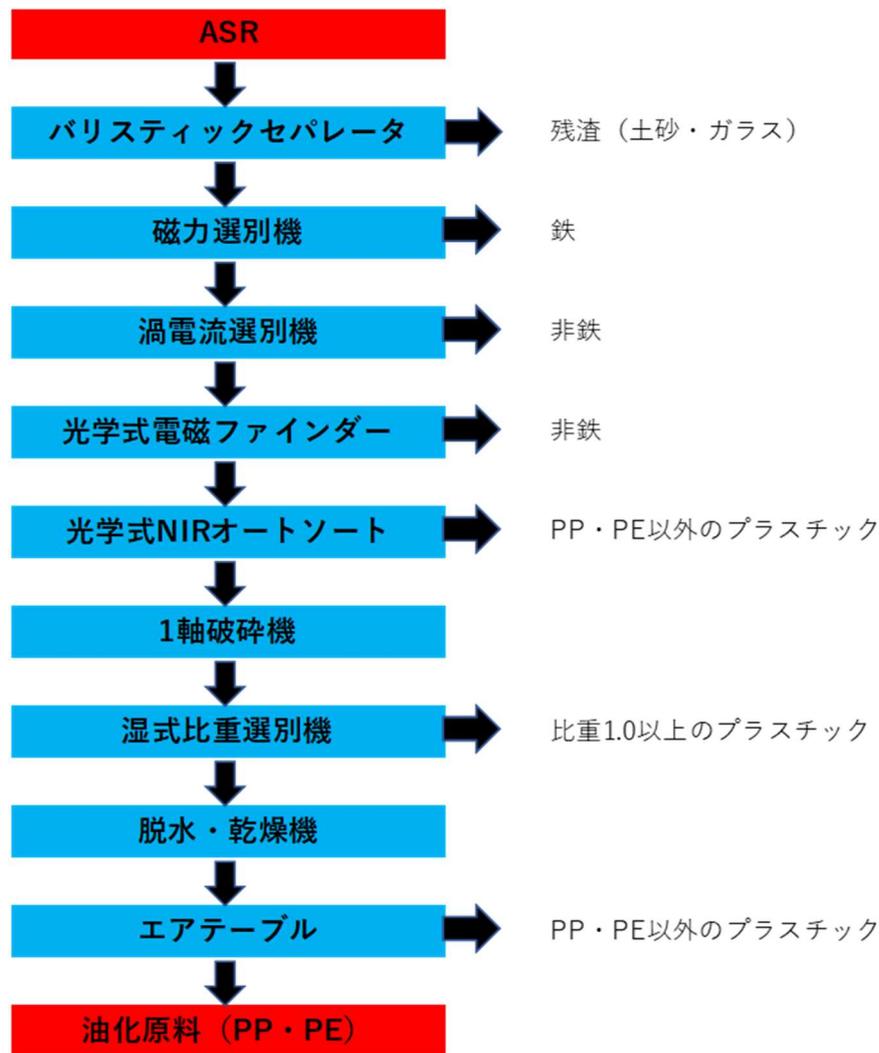


図 6-1. 前処理プロセス (案)【再掲】

## (2) 調達先ネットワーク

本研究では、油化原料となる ASR から抽出したオレフィン系樹脂の調達目標を 5 万トンとしている。ASR 中に含まれるオレフィン系樹脂は 30%程度とされているが、選別による歩留まりを勘案し、収率を 20%とした。原料調達に関するシミュレーションの結果、大手 2 社および中小事業者で合計約 5.4 万トンのオレフィン系樹脂の発生が推定されるが、大手 2 社からの調達量は設備能力の最大値の試算であること、全ての中小事業者が設備導入を行う可能性は低いことから、実際に調達できるオレフィン系樹脂はシミュレーションによる推定量の 3 割程度と仮定し、約 1.5 万トン程度になると推測した。

調達先ネットワークとしては、ASR 由来のオレフィン系樹脂 1.5 万トンを調達することを基本とするが、前述の通り油化原料の要求品質基準を満たすべく、ASR 由来以外のオレフィン系樹脂を容器包装リサイクル由来の廃プラスチックにて調達するケースを設定した。ASR 由来：容器包装リサイクル由来の内訳は 1：1 を想定している。

### (3) 原料油化プロセス

ASR のリサイクルプロセスとして、流動層反応器より得られた生成物から、ナフサ回収（液）と軽質ガス（エチレン、プロピレン）回収を行う原料油化プロセスを考案した。事業化のためにはコストダウンが必要不可欠であることから、スケールアップによるコストダウンを目的とした ASR 以外の廃プラスチックでの検討を行うとともに、精製工程の見直しを行った。また、ナフサクラッカーに導入するにあたり、懸念成分となる窒素分の除去について、吸着剤による除去と水添工程を組み合わせた方法を考案した。

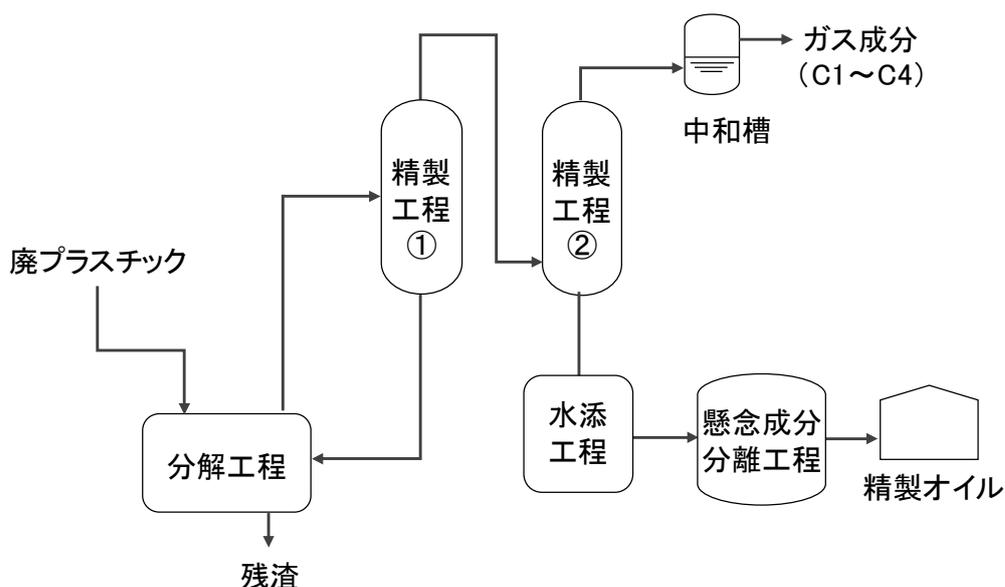


図 6-2. 油化プロセスフロー【再掲】

### (4) 事業の経済性評価

想定原料油化プロセスにおいて、今年度の検討にて 20 円/kg-product 程度のコストダウンは達成した。しかし、処理量 1.5 万トン/年の場合、ナフサ価格を 40~80 円/kg-ナフサとすると、処理コストはナフサ価格に対し数倍程度の乖離があることは昨年度と同様であり、プロセス全般にわたり、さらなるコスト削減が必要であるが、CO<sub>2</sub> 削減効果や資源循環などの効果を経済的な付加価値として評価する仕組みなども検討する必要がある。

## 7. 事業化に向けた課題

### (1) 要求品質確保のための前処理プロセス

今年度の検討結果では窒素分除去を選別工程のみで完了することが困難であったことから、1.5万トンの油化原料を調達する際、乾式選別後の油化原料に希釈材を投入することで窒素分の低減を図る形とした。一方で容器包装リサイクル由来のオレフィン系廃プラスチックについては現状の品位では要求品質を満たしておらず、油化原料の希釈材となり得るかについては今後もL社と検証を続けていく必要がある。

### (2) 原料調達ネットワーク

ASR以外からの原料調達に関しては容器包装プラスチックを想定しているが、前述の通り現状のサンプル分析結果では窒素分の完全な除去ができておらず、L社との間で選別すべき廃プラスチックを定めた上で、除去方法を検証する必要がある。

また、油化に適さない廃プラスチックの処理先としてセメントメーカーでの低温過熱脆化処理を検討しているが、こちらに関しては現状実証事業中であることから、実際に処理を行った場合の検証が必要と考えられる。

これら要素の検証結果によっては、原料調達における経済性評価が変動する可能性がある。

### (3) 原料油化プロセス

今年度、生成油をナフサクラッカーへ導入するにあたり、最も懸念となる窒素分について、水添と吸着剤による除去との組み合わせにより、目標濃度まで低減可能である見込みを得た。本結果を踏まえて最適化を行うとともに、原料調達量の確保のため、ASRより低品質の原料の精製についても検討が必要である。

### (4) 事業計画検討および事業性評価

廃プラスチックからナフサクラッカーへ導入可能な品質の油を得るにあたり、ナフサに比べて依然として高コストである。そのため、樹脂の調達から油化後の精製までの各工程でのコストダウンを図るとともに、事業化のためには樹脂の選別や油化において発生する廃棄物の処理を含めたビジネスモデルの構築が必要である。