

2020 年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る助成事業
(一水流選別活用による樹脂リサイクルの技術開発
と設備導入及び普及一)

報告書

2021 年 3 月 26 日

ハリタ金属株式会社

担当者連絡先

担当者名：寺崎 英樹

部門：取締役ゼネラルマネージャー

電話番号：0766-64-3516

メールアドレス：h-terasaki@harita.co.jp

目次

1. 助成事業の計画	2
1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景	2
1.2. 事業の実施内容	3
1.2.1. 事業計画概要	3
1.2.2. 事業の実施体制.....	4
1.2.3. 事業の実施スケジュール	5
2. 助成事業の報告	7
2.1. 助成事業実施結果.....	7
2.1.1. 2019 年度の実績と課題.....	7
2.1.2. 2020 年度の実施結果	9
2.2. 設備導入内容及び稼働結果	19
2.2.1. 導入選別機の仕様及び導入状況	19
2.2.2. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応	21
2.2.3. 選別回収物の結果	22
2.2.4. 目標とするマテリアルリサイクル樹脂の回収率	28
2.3. 実施結果を踏まえた考察.....	29
2.3.1. 水流選別機装置システムの導入に係る現状結果の考察	29
2.3.2. 水流選別の実機メカニズムの技術検証に係る現状結果の考察	29
2.3.3. 事業展開についての選別樹脂の販売先検討に係る現状結果の考察	30
3. 今後の実証事業実施における課題及び解決方法等	31
3.1. 現状の課題	31
3.1.1. 水流選別装置システムの導入に係る課題.....	31
3.1.2. 水流選別機の実機のメカニズムの技術検証に係る課題	32
4. 事業化の計画	34
4.1. 想定する事業.....	34
5. 事業の評価	35
5.1. 設備導入後の事業収支	35
5.2. 採算性の評価	36
5.3. 有効性の評価	38

1. 助成事業の計画

1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景

日本では 2005 年に自動車リサイクル法が施行されて以来、解体から破砕処理、自動車シュレッダーダスト（ASR：Automobile Shredder Residue）の処理工程において、廃棄物適正処理の観点から、最適なりサイクルシステムの確立を進めてきた。一方、ASR は焼却処理を中心に適正処理されているものの、プラスチックを始め多くのマテリアルリサイクルが可能な素材が含まれている。

自動車に用いられるプラスチックについては、バンパー等に用いられるポリプロピレン（PP：Polypropylene）樹脂が一部でマテリアルリサイクルされているケースがあるものの、大きなコスト課題を抱えており、収益性のある事業として持続困難なのが現状である。

過去の環境省の低炭素型 3R 技術システム実証事業では、平成 27 年度の「動静脈の連携による自動車樹脂部品リサイクルスキームの構築」において、取り外したバンパー等を車体プレスと同時に積載・運搬して積載効率を上げる“ついで便”を利用した物流システムを実証した。

また、平成 28 年度環境省委託事業の「使用済自動車由来 PP 部品の効率的な再生材生産プロセスの検証」では、ASR 由来の PP 樹脂から製造した再生素材に対する自動車メーカーによる評価を行い、事業性のある PP 樹脂のリサイクル実現が現実味を帯びてきている。

一方、PP 樹脂のリサイクルシステムを構築するにはさらなる収益性の改善が不可欠であり、過去の実証事業では選別工程における効率向上や処理コストの低減が課題とされた。ASR から PP 樹脂を回収する場合には、水を使用した比重選別（浮沈選別）が用いられることが多いが、この方式ではタルクを含む水より重い（比重 1.00 を超える）PP 樹脂の回収ができず、対象樹脂の回収量が低下することも課題である。そのため、より選別精度が高く、選別コストが安価な PP 樹脂回収技術の開発が期待されている。

こうした中、本事業では水流選別方式に着目し、本方式の有効性や事業性を検討することとした。効率的な PP 樹脂回収方法が開発されれば、自動車の資源効率性は高まり、廃棄物の減量化にも繋がる高度なりサイクルシステムが構築でき、日本のみならず世界へのシステム展開が可能となる。

2017 年 12 月末から中国への廃プラ等混入雑品の輸出規制が始まり、これまで不適切に輸出されていた廃プラ類の国内還流が急速に進んだため、国内の焼却施設は受入能力一杯となり、新たな搬入を制限し、また、埋立処分場も埋立量の急増により残余年数が削られてしまうことに懸念を抱き、搬入制限を始めている。このような背景により、全国各地で廃プラの処理が追いつかずあふれる事態となっており、これらの適正処理が課題となっている。

そのような状況下で、自動車由来のプラスチックのマテリアルリサイクルにおいては更に次の課題がある。

現在廃棄されている自動車の樹脂部品には、ストックホルム条約（POPs 条約）にて規制されている有害臭素系難燃剤（デカブロモジフェニルエーテル（DeBDE）など）を含んでいるものがあるため、ASR から樹脂を回収し、マテリアルリサイクルを推進することで、再度この有害臭素系難燃剤が市場に出回ることが懸念されている。これを規制するため、マテリアルリサイクルに適するプラスチックの判断基準として、有害臭素系難燃剤の含有しきい

値（1,000ppm、500ppm、50ppm など）の検討が現在進められているが、まだ具体的なしきい値は定まっておらず、自動車部品のマテリアルリサイクルは現実的には厳しい状況となっている。

仮に、忌避物質である有害臭素系難燃剤を含有するプラスチックの比重が約 1.2 以上であると仮定すると、水流選別による比重選別でこれらの忌避物質を含むプラスチックを選別・除去することが可能であると考えられる。

これらの課題解決に向けて、本事業では特に自動車由来のプラスチックに着目し、選別精度が高く、且つ選別コストが安価な水流による比重選別技術の開発を進め、マテリアルリサイクル材への有害臭素系難燃剤の混入ゼロを目指す。更に、この技術を確立・普及させ、マテリアルリサイクルの推進に寄与することが、本事業の大きな意義であると考えている。

1.2. 事業の実施内容

1.2.1. 事業計画概要

本事業全体計画の概要は以下の通りである。

2018 年度；水流選別機設備の基本仕様の検討

2019 年度；同設備の性能向上化の検討

2020 年度；同設備の量産性能確保と全工程の装置設置と量産開始

以下、2020 年度の計画を説明する。

(1) 粒子-流体シミュレーション

水流選別機の比重選別精度向上のために、複数の影響要因についてシミュレーションを行う。関連要因の影響を把握し、実機仕様設定の根拠となる妥当性の検討を行う。また、シミュレーションの結果と実験結果の比較を行うとともに、可視化用実験機にて粒子挙動を確認し、シミュレーション結果と比較検証して、本シミュレーションの妥当性の検証を行う。

以下、検討項目を列挙する。

(a) 実試料の形状計測によるシミュレーション用代表モデル形状の決定

(b) 粒子形状差による水流中の挙動の違い -球形粒子と実試料形状-

(c) 水流選別機の実試料の供給方法による違い （一点供給口と全周供給口）

(d) 実機条件における水流選別精度向上の条件と妥当性検証 -実試料と全周供給法-

今まで（過去 2 年間）、軽比重と重比重を有する 2 種の球形粒子を設定し、一点供給口（選別機の改造前仕様）条件にてシミュレーションを行ってきた。その結果、装置内への供給量が多いほど、沈降を期待していた重比重粒子が浮上する結果が確認された。これは、軽比重粒子と重比重粒子の相互接触による共連れ現象と共に、供給口付近の水流の見かけの比重が増えることによる浮上力助長による結果と考えられた。この結果を基に、球形粒子と体積が同じ直方体粒子に置き換え、縦横比の異なるアスペクト比による浮上率をまとめると、アスペクト比の大きい粒子ほど重比重粒子の浮上率が大となることから正当性が示唆された。

この結果より、今年度は、量産機の構造、稼働条件を基に上記 (a) ～ (d) の段取りにてシミュレーションを行う計画である。

(2) 装置開発

本装置の構成は、水流選別工程と当該選別工程の前後に異物を除去する前処理工程、後処理工程から構成される。実証事業開始の 2018 年度に、水流選別機の基本構成を上昇水流型と決定し、2019 年度より安定した連続運転維持と浮上品の樹脂品質向上のための設備改善を行ってきた。本年度は、量産目標仕様値である連続運転(2,400 時間/年)、選別樹脂の最大分離点(1.05)、マテリアル樹脂比率(95%以上)実現のための詳細な装置の仕様及び運転条件を決定する。

- (a) 水流選別機：浮上品樹脂の円滑回収のための供給ローター運転条件最適化
- (b) 循環ポンプ：詰まり防止のためのスラリー用ポンプの採用
- (c) 浮上品回収装置：目詰まり防止のための振動ふるい機の仕様変更
- (d) 沈降品回収装置：ポンプ出力最適化、振動ふるい機の仕様変更

以上の検討計画に基づき、ペレット型樹脂産出を行うレーザーフィルター付押出機で切れの無い連続したストランドの高品位樹脂を再生し、販売商品を生産する。

導入設備の工程図を図 1-1 に示す。

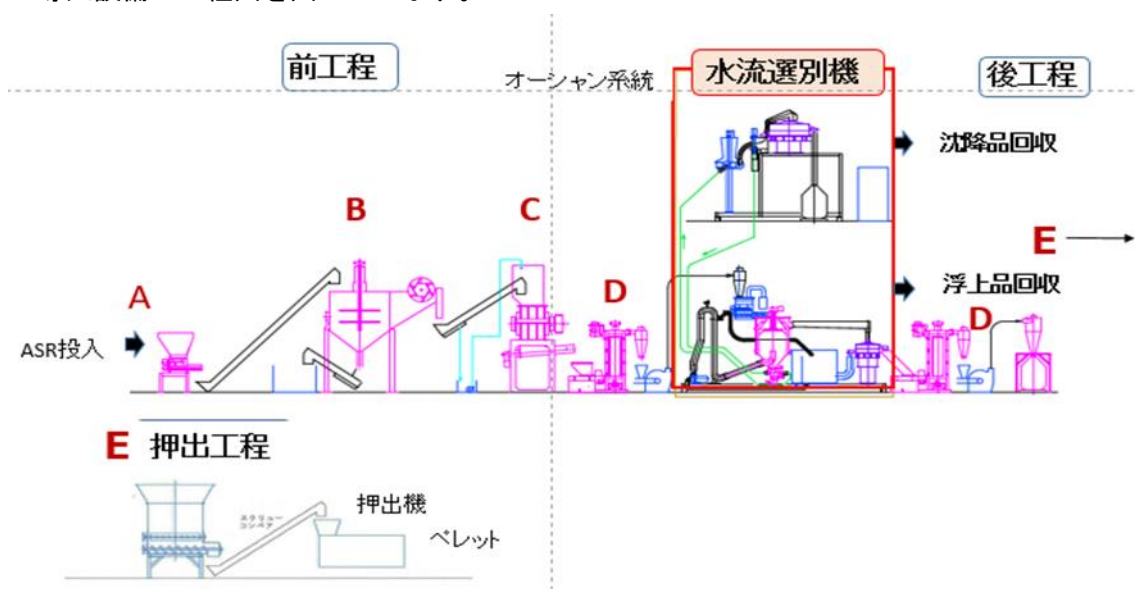


図 1-1 導入設備の工程図

(3) 有害臭素系難燃剤の除去可能性検討

環境保全の観点から選別樹脂品に微量に含まれる有害臭素系難燃剤(DeBDE)の同定、検出法について検討を行ってきた。その結果、FT-IR 分析法、ラマン分析法共に DeBDE 成分に該当する成分ピークが検出され、いずれも定性分析が可能であることがわかった。

今年度は、GC-MS 定量分析による各標準試料(低濃度、高濃度)における検出感度の検討を行う。

1.2.2. 事業の実施体制

本水流選別装置システムを設置し、量産対応を行うハリタ金属を代表事業者として図 1-2 に示すように、4 者の協力体制にて実証事業を行う。

- ・日本シーム：樹脂リサイクル装置のトップメーカーであり、本事業の基幹装置である水

流選別機の量産性能の確保を担当する。

・協和産業：自動車業界以外でも樹脂リサイクルに関わる実績と樹脂コンパウンド技術を有し、リサイクル樹脂の製品化を担当する。併せて、本事業での樹脂の高品位化のために水流選別後の異物除去を行う押出機の開発を行う。

・早稲田大学：上昇水流を利用した粒子の比重選別に係る複数の関連パラメータの影響因子の究明のため流系シミュレーションと検証解析を担当する。これは、装置の最適仕様決定の根拠となる理論解析と実験で得られた現象との比較による解析結果の妥当性を検証する。

本研究は、早稲田大学理工学術院・所千晴教授の研究室にて担当し、本成果は、学会発表等で流体による軽・重比重粒子の分離挙動の解析手法として発表予定である。

・エコメビウス：事務局との窓口として報告書等の取りまとめを行うとともに、各社の技術をつなぎ発展させるパイプ役を担う。

併せて、日本自動車工業会には、樹脂の物性及びリサイクル樹脂の市場展開に係る助言を受けて本事業の後方支援をいただき、実証事業を推進する。

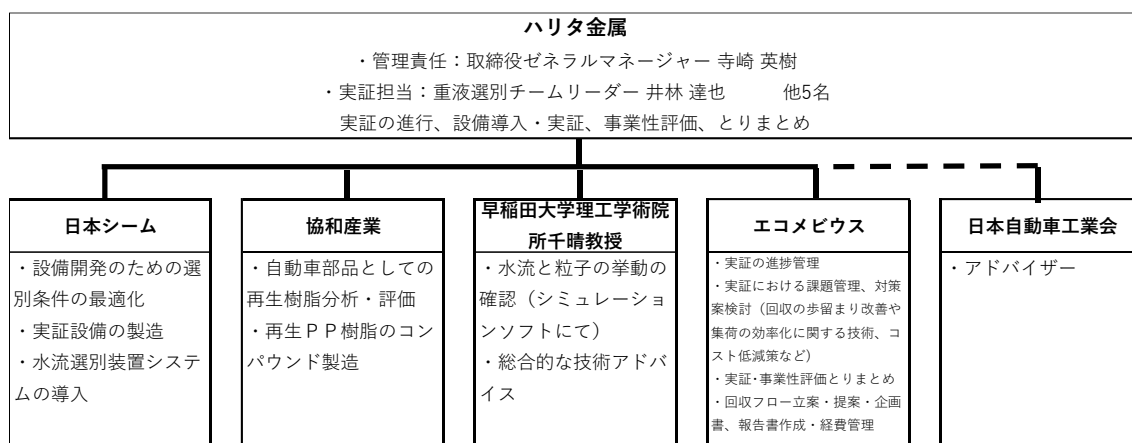


図 1-2 2020 年度実証体制と役割 (2018～)

出所）エコメビウス作成

1. 2. 3. 事業の実施スケジュール

2020 年度は、2021 年 4 月からの量産稼働のために下記、3 主要項目の課題の解決に向けて検討を行う。

(a) 水流選別装置システムの導入：水流選別精度の向上と樹脂以外の異物による配管詰まりを解消し、連続運転を可能にする各装置の仕様決めに 11 月までに行う。並行して本水流選別装置の前後に配置する前処理装置と後処理装置との装置全体の合体工事を 11 月より着手する。全工程の設置後、システムの操業テストを行い、連続動作上の問題点の摘出及び選別樹脂の物性評価とその品質安定性等のロット別データを採取し、販売先に応じて調査の可否、調査仕様の決定を行う。

(b) 2021 年度の事業展開についての選別樹脂の販売先検討：自動車用途を最優先に、家電、建材、文具、雑貨の用途別の要求仕様をまとめ、販売先に評価サンプルを提供する。第一段階として、小量サンプルの提供により第一次評価結果を基に中量サンプルの継続した提供を行い、販売先の認定のための支援を行う。

(c) 水流選別の実機のメカニズムの技術検証：水流選別精度向上のために流系シミュレーションを行ってきたが、本結果と実機の粒子挙動の観察によるシミュレーション結果の妥当性検証を行う。この検証では、使用する粒子形状は今までの解析条件としてきた球形であり、実験も球形試料を使用する。一方で、実機の選別精度の検証のためには、球形粒子でなく ASR 破碎粒子の実形状をモデル化する必要がある。このため破碎 ASR を形状計測して、長短度、扁平度の形状を数値定義し、その形状分布から統計的に頻度の高い形状をシミュレーションモデルとして定義する。

2019 年度の解析結果では、球形に代わり角形の粒子形状を定義し、縦横比を変えたアスペクト比による浮上特性の解析を行った。この結果はアスペクト比が大きいほど浮上する傾向があること、また球形形状を用いて軽比重・重比重を混在させた条件で、供給量を増やすほど重比重粒子の浮上率が増加することが示唆された。理由は、アスペクト比が大きいほど流体作用力が大きいことによる浮上助長と軽比重粒子と重比重粒子の干渉による共連れ現象によるものであると示唆された。以上より実機での検証は、装置の水槽内に供給する方法を一点供給口モデルより粒子間の衝突の少ない全周供給口モデルとすることにより重比重粒子の浮上を抑えられると考えられ、この供給口の変更による効果のシミュレーションを行う。

表 1-1 本年度（2020 年度）事業スケジュール工程表

	作業項目	2020年度（実施計画）											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
		上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
a. 試験水流選別装置システムの導入	供給装置（縦スクレー供給機）												
	分離槽（外周排水ガイド付き）												
	上昇水流用ポンプ（高揚程タイプ）、												
	浮上品回収装置（振動ふるい機①）												
	沈降品回収装置（リングポンプ＋振動ふるい機②）												
	装置全体の設置												
	操業テスト												
	操業開始												
b. 2021年度の事業展開についての選別機種の販売先検討	販売先への調査												
	販売先への評価												
c. 水流選別の実機のメカニズムの技術検証	基礎試験との比較によるシミュレーションの妥当性の検討												
	実試料形状を模擬したモデル作成とその粒子形状が選別精度に与える影響の評価												
	供給方法（一点供給と全周供給）の違いが選別精度に与える影響の評価												
	水流選別装置の設計に資する比重選別機構に対する一連の考察												

出所）エコメビウス作成

2. 助成事業の報告

2.1. 助成事業実施結果

2.1.1. 2019 年度の実績と課題

表 2.1 に 2019 年度の装置の性能向上に係る改善検討結果及び設計支援の流系シミュレーション結果のまとめを示す。以下、水流選別装置、流系シミュレーション、難燃剤検出法等の技術開発結果と解決すべき課題を説明する。

表 2-1 2019 年度検討結果

性能項目		目標仕様値	実績
設備連続運転		2,400 時間/年	詰まり対策（運転停止の主要因） ・ 浮上側：振動ふるい機のメッシュサイズ拡大、口径の大型化 ・ 沈降側：振動ふるい機のメッシュサイズ拡大
性能	選別比重範囲	最大分離点 1.05	選別精度向上装置開発 ・ 循環ポンプ：モーターサイズの変更（2.2kw→3.7kw） ・ 振動ふるい機の口径大型化による異物除去 ・ ASR 粉砕サイズの最適化（12mm メッシュ使用）
	選別精度	マテリアル樹脂比率 95%以上	流系シミュレーション活用による実機性能支援 ・ 軽比重/重比重粒子の供給量による浮上回収粒子の解析 ・ 直方体モデルの縦横比（アスペクト比）による浮上率の違いを解析した結果、アスペクト比が大ほど浮上する結果
環境保全		有害物質排除	・ 臭素系難燃剤の同定検出手法の検討により定性分析が可能 - GC-MS(ガスクロマトグラフィー)質量分析、フーリエ変換赤外分光法、ラマン分光法

(1) 水流選別装置開発

性能項目である連続運転を阻害する主要因は、浮上品回収装置と沈降品回収装置で下記現象を生じることである。浮上品回収装置では、振動ふるい機に繊維詰まりを生じ、浮上品の水切れが悪くなり、結果循環水が減少する。沈降品回収装置では、配管に金属、重プラが詰まり回収不可の現象を生じる。このため振動ふるい機のメッシュ目開きを従来の 0.1mm から 1.0mm と拡大した。併せて浮上側の振動ふるい機の口径を 700mm から 1,200mm に拡大し、目詰まり対策仕様とした。選別比重範囲及びマテリアル樹脂比率の仕様確保のためには、水流量の増加、水流速度増加が寄与するため高トルク型のモーターに変更した。

本選別装置の開発課題は、ASR ロット投入による連続運転の動作確認と共に、目的とする軽比重樹脂の回収率向上のための水流制御条件の最適解を求めることである。

併せて、開発課題は回収された軽比重樹脂の物性評価を行い、物性の振れ幅を極力抑えるために本選別システムの最適化を図ることである。

(2) 流系シミュレーション活用による実機性能支援

本シミュレーションでは、球形粒子を仮定し、粒子間の衝突の無い供給量が少ない条件で解析を行ってきた。しかし、量産機は、生産量を最大とするため供給量を多くする必要がある。このためシミュレーションでは、軽比重・重比重が混在する条件での粒子の挙動解析が必要である。

2019 年度は、軽比重と重比重の粒子を含んだ混合材の供給量による浮上品率の解析を行った。その結果、供給量が増えるほど重比重の浮上率が大となる傾向が得られた。このことは、回収樹脂の物性の低品位化の原因となるため重比重粒子の浮上が最少となる供給量条件を求めた結果、重比重の浮上率が抑えられる最大 500kg/h の供給量とすることが示唆された。

一方、破碎された実粒子形状は、球形でなく角形状である。この形状による浮上特性を解析するため縦横比をパラメータとしたアスペクト比を 1.0(球形)、1.5、2.0、3.0 とした。結果は、アスペクト比の大きいほど重比重粒子の浮上率が大きくなることが確認された。

以上より、軽比重粒子と重比重粒子の所定体積内での密度が大となり、お互い干渉して共連現象で浮上すること、また扁平な形状の粒子ほど流体抵抗が大きく、浮上を助長する傾向であることがわかった。以上より、一点供給口でなく供給密度の低くなる全周供給口が適していることが示唆された。

本流系シミュレーションの成果を基に課題は、以下の項目が挙げられる。

- ①破碎された実粒子の形状を計測し、統計的知見でシミュレーションの実試料代表粒子モデルを定義する。
- ②全周供給口を備えた水流槽のモデルを作成し、①の粒子モデルを用いた選別精度向上の解析を行う。

(3) 再生 PP 樹脂の評価（物性評価、全臭素分析）

樹脂の浮上品をレーザーフィルター付押出機にて連続したストランドを生成できる量産設備仕様を決定した。課題は、物性の確保となる。①本設備で得られた浮上品の物性振れの幅をコンパウンドで解決できるか、②物性の安定を確保しながら連続生産が可能かの確認を行い生産量と品質の目途立てを行った。

- ①浮上品は、レーザーフィルター付押出機にて連続したストランドを生成でき量産工程に取り込んだ。表 2-2 に目標物性一覧を示す。

表 2-2 目標物性一覧

項目	単位	目標物性	
		アンダーカバー等	バッテリートレイ等
MFR	g/10min	15～25 程度	←
比重	g/cm ³	1.07 以下	1.0 以下
引張降伏強度	MPa	18 以上	←
引張破壊伸び	%	10 前後	15 前後
曲げ弾性率	MPa	1,300 以上	900 以上
曲げ強さ	MPa	20 以上	25 以上
アイゾット衝撃強度	KJ/m ²	15 以上	5 以上

表 2-3 は、表 2-2 の各目標物性値をクリアするため、水流選別 PP 材にバンパー材・パレット材の配合率を検討した結果である。バッテリートレイ等の対象には、試料 N0①の配合を、アンダーカバー等の対象には、試料 N0②にて実現できた。

表 2-3 配合工程による適合部品対象

試料 N0	浮上 PP 材	バンパー	パレット	適合部品対象
①	30%	60%	10%	バッテリートレイ等
②	20%	80%	0%	アンダーカバー等

②全臭素分析について

水流選別後の浮上品の臭素の定量的な評価を行った。

結果は、浮上品で 15.8wtppm、沈降品で 600.9wtppm であった。

水流比重選別により臭素系樹脂を沈降品に濃縮できる成果を出せたことにより、水流比重選別での分離効果を検証できた。

2.1.2. 2020 年度の実施結果

(1) 水流選別装置システムの導入

表 2-4 に装置性能結果を示す。

表 2-4 装置性能結果

性能項目		目標仕様値	操業結果
設備連続運転		2,400 時間/年	- 詰まり対策（運転停止の主要因） →連続運転 2,400 時間/年にて主要問題無（日本シーム規定保証期間）
性能	選別比重範囲	最大分離点 1.05	- 選別精度向上装置開発 →1.05 確保
	選別精度	マテリアル 樹脂比率 95%以上	量産条件にて浮上品の物性値とばらつき幅の分析・評価中（浮上品及び沈降品の物性評価）
環境保全		有害物質排除	- GC-MS 定量分析による DBDE 含有ポリスチレン標準試料の評価 →良好な定量計測が可能と判断 - 浮上品の臭素含有量の検出感度の検討 →2 種類のプラ材の計測にて、DBDE は含有されていないと判断

(a) なんとオーシャンプラント（投入～浮上品回収部まで）設置装置構成

図 2-1 に水流選別装置を構成する浮上品回収部の正面図と側面図を示す。

各構成部の本事業の検討結果を反映した変更有無を表 2-5 に示す。

破碎された ASR は、定量フィーダ[A]から供給され、供給ローター[B]にて槽内に所定量供給される。下方に設置した循環ポンプ[C]で発生する上昇水流（図示せず）にて軽・重比重粒子に分離できる。浮上品は、振動ふるい機[D]で回収される。浮上品には、繊維材を含んでおり、結果浮上品の水切れが劣化し、循環水の減少という連続運転上の支障が生じる。このため振動ふるい機のメッシュサイズを目開き 0.1mm から 1.0mm と拡大し、現状安定して稼働中である。

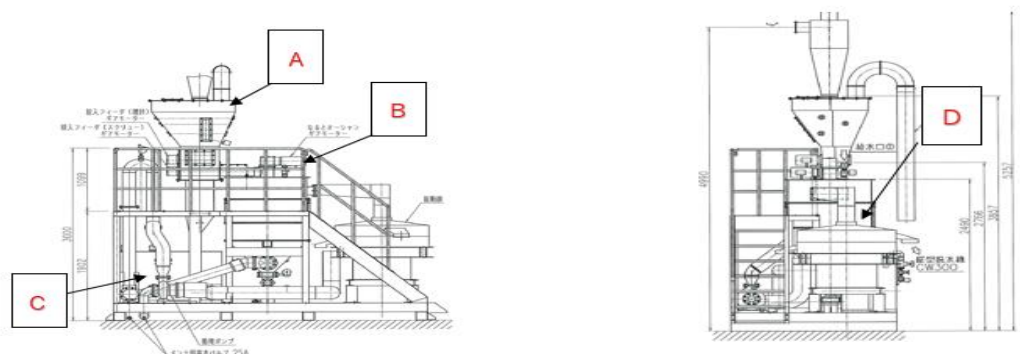


図 2-1 浮上品回収部の装置構成

表 2-5 浮上品回収部の主要装置仕様

	名称	機能	設備仕様の確定仕様
A	定量供給機	500kg/h	・ 変更無
B	供給ローター	樹脂の槽内供給安定化	・ 最適回転数決定 (15Hz 90r.p.m)
C	循環ポンプ	詰まり無水流発生	・ 高トルク型に変更 (3.7kw/4P)
D	振動ふるい機 (回収用)	異物の回収	・ メッシュサイズ拡大 ・ 大径化

浮上品回収率の向上のための検討すべき動作パラメータである供給ローターの回転数の最適化と循環ポンプの流量の最適化を行った。

(b) なんとオーシャンプラント（沈降品回収部）装置構成

図 2-2 に水流選別装置を構成する沈降品回収部の正面図と側面図を示す。各構成部の本事業の検討結果を反映した変更有無を表 2-6 に示す。

重比重である金属、重プラは、底面に沈殿するが、デブリスポンプ[E]により沈降品を回収し、回収後の水流をポンプ[F]で回収する。連続運転安定化のためデブリスポンプ[E]の動力を増加させた(2.2kw を 5.5kw)。デブリスポンプ[E]は、水流に混じる異物が回転ファン内を通過せず、本水流選別機の仕様好適である。デブリスポンプ[E]を経た異物は振動ふるい機[G]にて異物が除去されるが、連続運転の視点でメッシュサイズを目開き 0.1mm から 1.0mm と拡大し、現状安定して稼働中である。

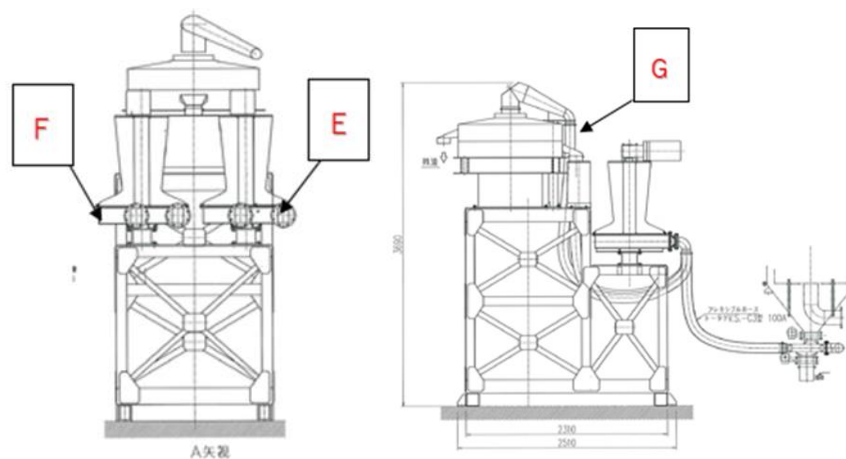


図 2-2 沈降品回収部の装置構成

表 2-6 沈降品回収部の主要装置仕様

	名称		機能	設備仕様の変更の有無と内容
E	リングポンプ	上昇水流	異物回収用	・モーター出力増加 (5.5kw)
F		下降水流	異物除去水回収用	・出力無し
G	振動ふるい機 (回収用)		異物除去	・メッシュサイズの拡大

(c) 水流選別装置の最適運転条件の検討 (循環ポンプによる上昇水流速度)

図 2-3 に、実機の水流通選別機の断面模式図を示す。

循環ポンプにより槽内に供給される水流は、流入口より供給され青矢印に示されるように上昇流となり循環流となる (還流部は図示しない)。図中の上昇速度は、ポンプによる流量と上昇流の断面積より求められる。

軽比重・重比重粒子は、上部の供給口に投入され回転羽根の回転流体力により槽内に全周から供給される。

図 2-4 は、水流上昇速度と沈降粒と浮上粒の回収率を実験により求めたものである。

上昇水流速度が増えると、浮上粒の回収率も増加傾向を示すが、0.04m/s となると逆に塩化ビニル等の重比重品の浮上率も増加する傾向である。従い、現時点での PP 樹脂の回収率が良好な速度域は大凡 0.02~0.03m/s 程度と考えられた。

(循環ポンプの制御用インバータ周波数としては、23Hz の条件である。)

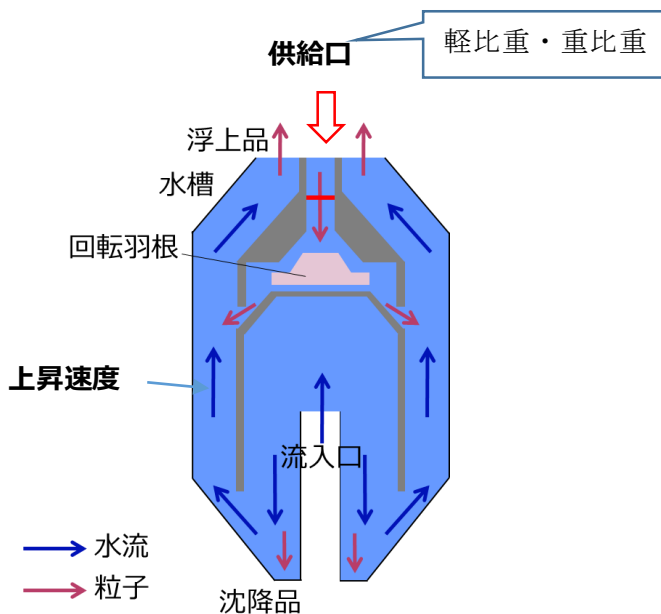


図 2-3 水流選別装置の槽内説明図

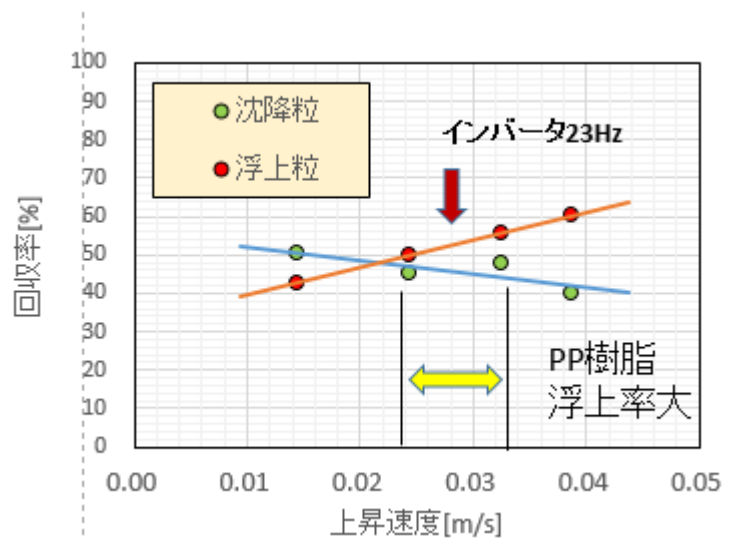


図 2-4 水流速度と浮上率の実験結果

(2) 水流選別のメカニズムの技術検証

本事業開始の 2018 年度から流系シミュレーションにより選別性能に優れた上昇水流型の

決定及び水流中の粒子挙動についての解析を行ってきた。これらの解析では、粒子形状、粒子体積、非球形粒子の縦横比をパラメータとしてきた。

量産機の性能向上のためにシミュレーションは、今まで積み上げてきた結果を基に、より実機に近い条件設定を行う必要がある。本年度の報告として、水流選別精度の向上に係る各影響因子を網羅的に挙げて、シミュレーション結果の系統的なまとめを行う。

図 2-5 は、本事業で検討を行ってきた実機の選別精度向上のためのシミュレーション計画である。本計画に基づき (b) (c) (d) (e) (f) の項目について検討結果を報告する。

(a) 選別精度向上のためのシミュレーション計画

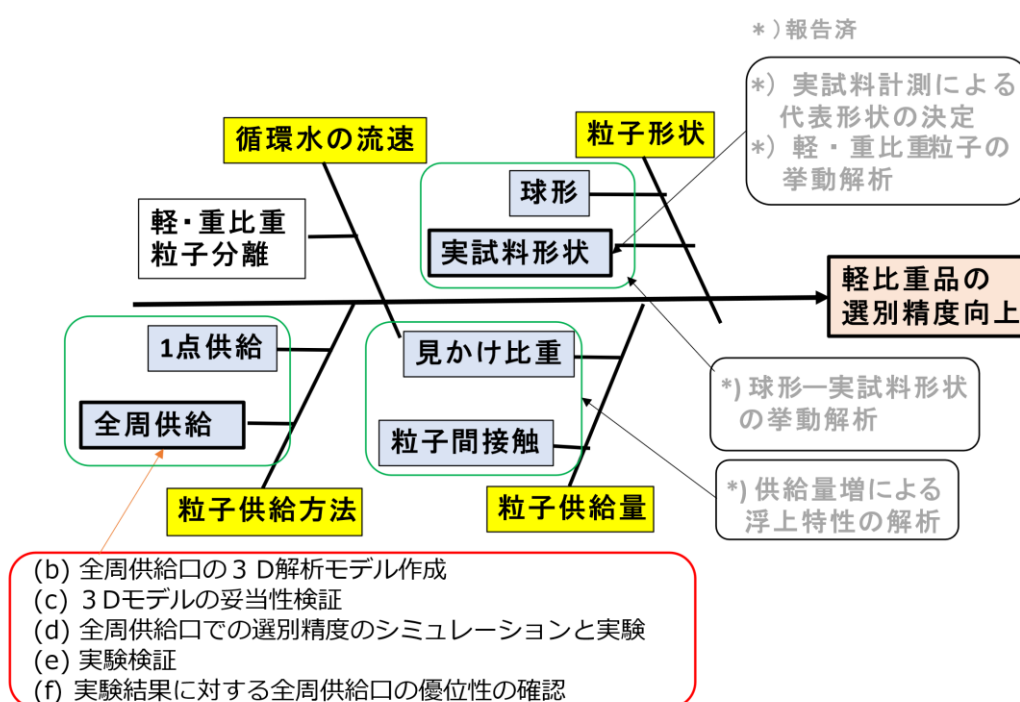


図 2-5 実機の選別精度向上のためのシミュレーション計画

(b) 全周供給口の 3D 解析モデル作成

全周供給口を有した実機を反映させたシミュレーションモデルを図 2-6 に示す。一点供給口のシミュレーションと同様に、装置の円筒部分及び上部の円錐台形状を計算領域とした。それぞれの境界条件は図 2-6 に示すとおり、装置下部からは流入口として一定速度の流速（図中：黄線境界）を与え、装置上部の流出口には圧力一定条件（図中：緑線境界）及び、水面として滑り壁条件（図中：青線境界）をそれぞれ設定した。粒子の供給は、供給口断面図内の赤枠内から鉛直方向下向きに粒子を発生させることでモデル化した。

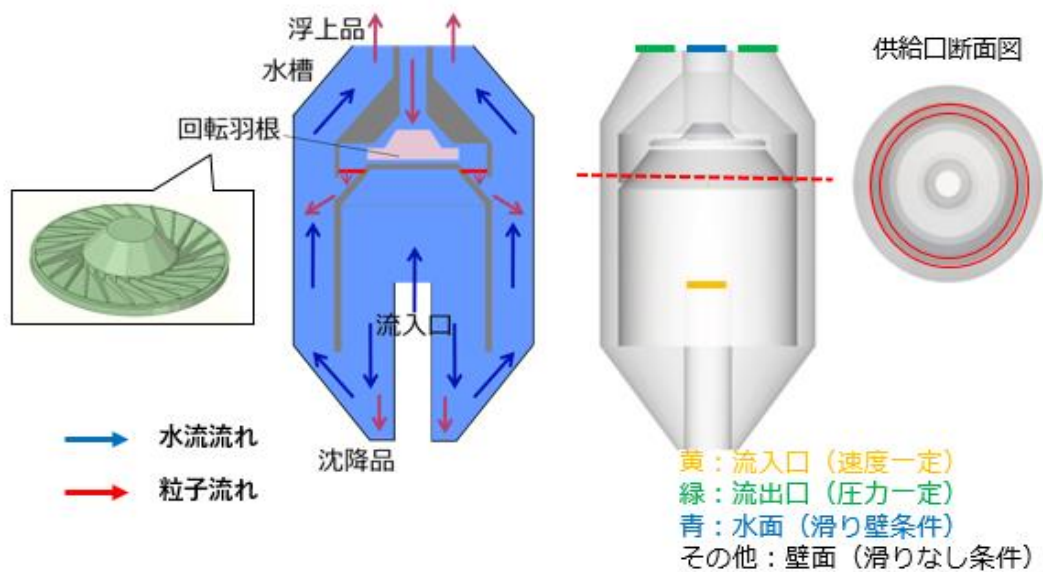


図 2-6 全周供給口の 3D 解析モデル

(c) 3D モデルの妥当性検証

図 2-6 の 3D 解析モデルを用いたシミュレーションの妥当性の検証のため水流ベクトル、水流速度に着目して、計算値と実験槽における実測の流量値と比較した。

図 2-7 に高さ方向の流速ベクトルを、図 2-8 に断面方向の流速ベクトルを見る化した。

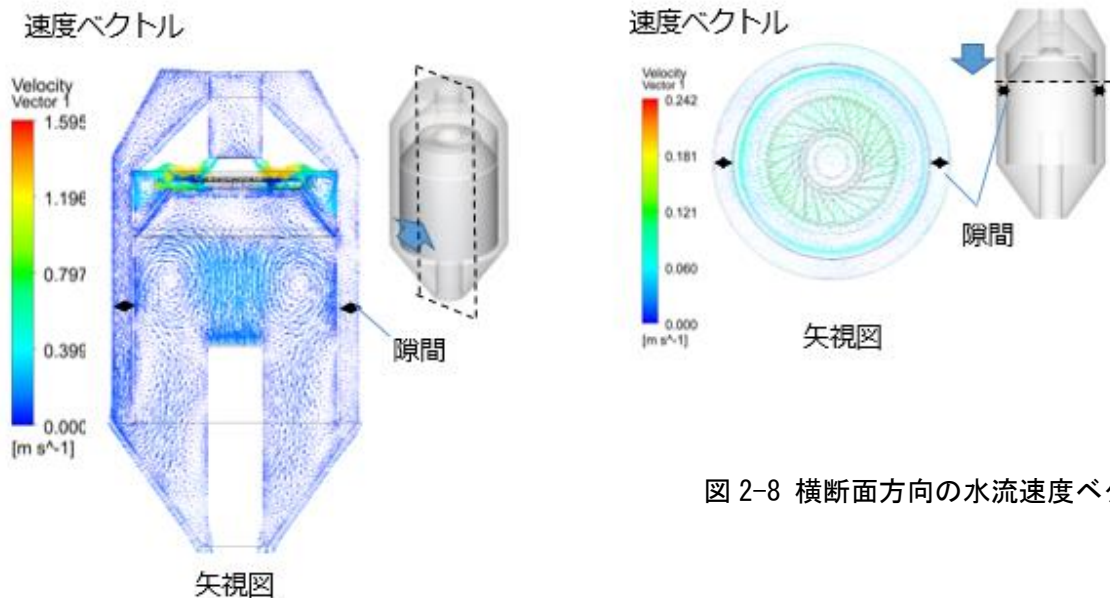


図 2-8 横断面方向の水流速度ベクトル

図 2-7 縦断面方向の水流速度ベクトル

図 2-7 と図 2-8 で示された水槽の上昇水流が発生する隙間部における水流速度を求めた。

＜流量計の実測値＞

流体の鉛直方向速度： 0.024m/s

流量計の実測値は、流量計から得られた実測流量を隙間部の断面積で除した平均流速値とした。

＜シミュレーション値＞

計算値による平均鉛直方向速度： 0.020m/s

以上より鉛直方向速度の概ねの一致により本解析モデルによる計算は、妥当であると判断した。

(d) 全周供給口での選別精度のシミュレーションと実験

上記 (c) の結果より本 3D シミュレーションモデルを用いて、実試料形状での軽比重・重比重粒子の回収率の比較を行った。図 2-8 は、解析で用いた試料形状及び実験試料である。実試料粒子 577 個の形状が有する 3 軸径から長短度及び扁平度を測定し、計測結果の最頻値を解析で用いる形状の寸法に用いることとした。表 2-7 はシミュレーションに用いた試料モデル及び比重であり、表 2-8 は、解析モデル決定の根拠となった母材及びその比重である。

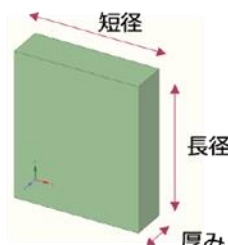
【シミュレーション条件】

実試料形状の分布の最頻値より
ASR 代表モデルを決定

長短度：1.18,
扁平度：3.45 の

直方体に決定

長短度 = 長径 / 短径
扁平度 = 短径 / 厚み



【実験条件】



バンパー



塩化ビニル

図 2-8 軽比重・重比重粒子の定義

表 2-7 解析モデル

種類	試料モデル	比重 (g/cm^3)
軽比重粒子	ASR代表モデル	1.016
重比重粒子	ル	1.293

表 2-8 実験試料

種類	試料名	比重 (g/cm^3)
軽比重粒子	バンパー	1.016
重比重粒子	塩化ビニル	1.293

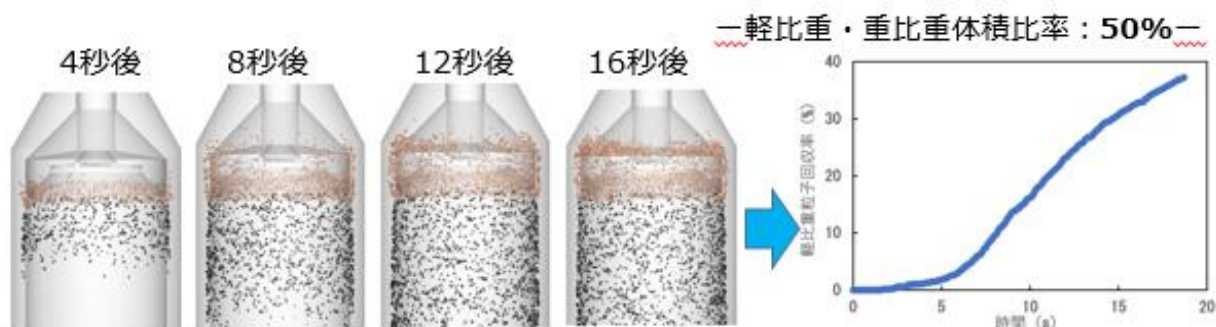


図 2-9 全周供給モデルにおける粒子挙動解析結果

図 2-10 軽比重粒子の回収率の経時変化

図 2-9 は、粒子供給から 4 秒ごとの装置内の粒子挙動を可視化した図である。図中のオレンジ色粒子が軽比重粒子、黒色粒子が重比重粒子である。

図 2-10 は、解析結果から得られた浮上産物として回収された軽比重粒子の割合の経時変化である。

ここで示した解析の粒子供給は、軽比重粒子と重比重粒子の体積比率 50%とした。

16 秒後の浮上品産物の重比重粒子は、2 個であり浮上品産物の軽比重品位は 99%以上であった。以上より、全周供給口から供給された軽・重比重粒子は、供給口で相互に干渉することなく、上昇水流により分離精度が向上することが示唆された。

(e) 実証検証

図 2-11 に実験で得られたバンパー（軽比重粒子）及び塩化ビニル（重比重粒子）の回収率の経時変化を示す。軽比重粒子と重比重粒子の体積比率を 25%、50%、75%、100%と 4 つのパラメータ条件とした。図中のオレンジ色のプロットが、シミュレーションと同じ粒子供給条件である。時間経過とともに、浮上産物中のバンパー（軽比重粒子）の回収率が増加していることが確認された。塩化ビニル（重比重粒子）の浮上産物としての回収率は、概ね 0.20%以下であることから、浮上産物のバンパー品位は、99%以上であることが示唆された。

このことは、図 2-10 の 20 秒後の軽比重粒子の回収率が約 40%に対し、図 2-11 では、20%未満である（オレンジ色 50%の実験値）数値の差異を示している。定量的一致を図るためには、図 2-6 でモデル化した供給用羽根周りの流れをより詳細に挙動の解析を行う必要があると考える。本考察は、2.3.2 にて説明する。

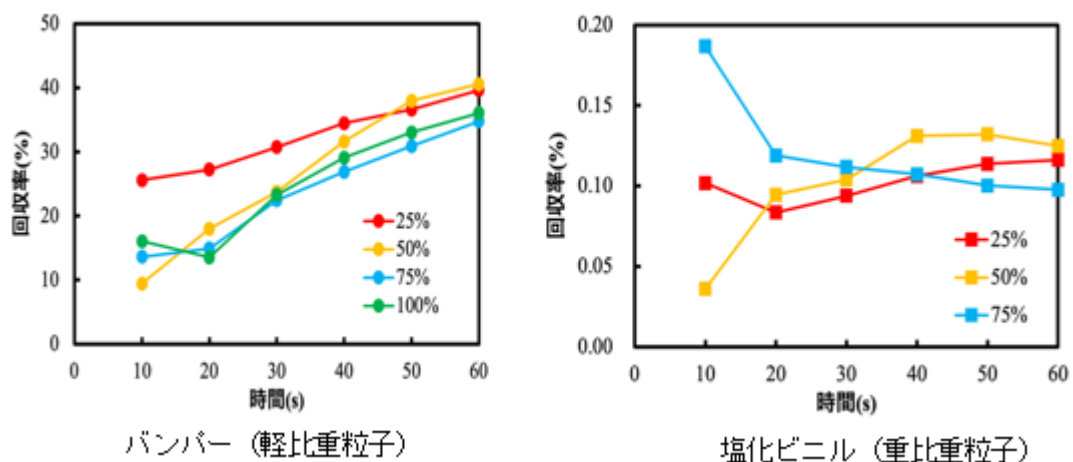


図 2-11 実験におけるバンパー及び塩化ビニル浮上産物の回収率の経時変化

(f) 実験結果に対する全周供給口の優位性の確認

全周供給モデルと一点供給モデルの選別性能の比較のため、それぞれのシミュレーションモデルにおける流体解析から得られた上昇水流の速度を評価した。供給口の高さにおける水平断面から見た鉛直方向の速度分布を図 2-12 に示す。なお、一点供給モデルの供給口的位置は、図中の Feeder 側と示した部分である。一点供給モデルでは、局所的に 0.2m/s を超える流速が生じることが確認された。全周供給モデルでは、一部鉛直方向下向きの流速をもつ領域が確認されたが、これは内側にある供給口からの下向き流速によるものであると考えられる。両者を比較したところ、全周供給モデルの方が供給口の高さにおいて、より均一な上昇水流が得られていると判断された。

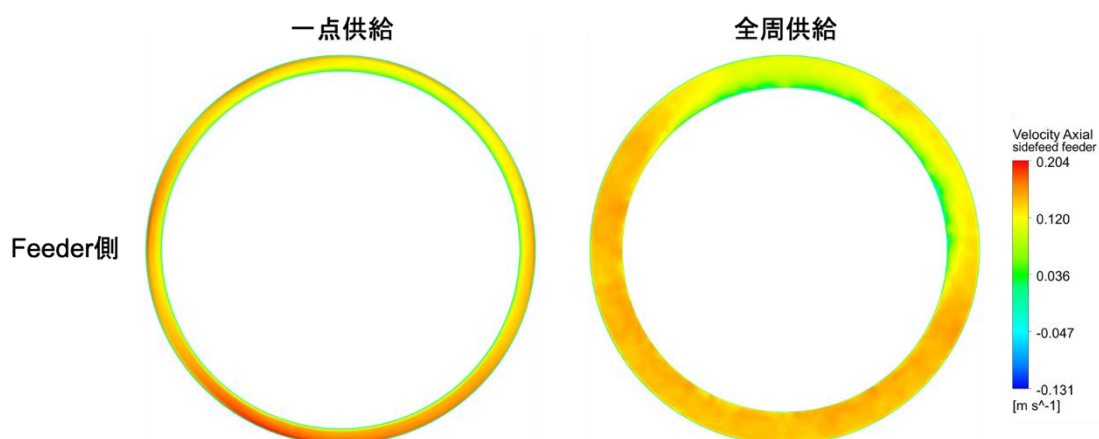


図 2-12 供給口高さにおける鉛直方向の速度分布の比較

全周供給モデルと一点供給モデルの分離場において、高さごとに鉛直方向の平均流速を比較した結果を図 2-13 に示す。なお、それぞれのモデルにおいて、流入流速は 0.137m/s で

ある。一点供給モデルでは分離場底面及び上部付近での鉛直方向の平均流速と流入流速の差が大きいのにに対して、全周供給モデルでは分離場内の高さによらず概ね流入流速と同じ平均流速が得られていることが確認された。したがって、分離場内において、一点供給モデルよりも全周供給モデルの方がより均一な上昇水流が得られ、結果として粒子が滞留しにくくなり、より理想的な分離が達成されることが示唆された。

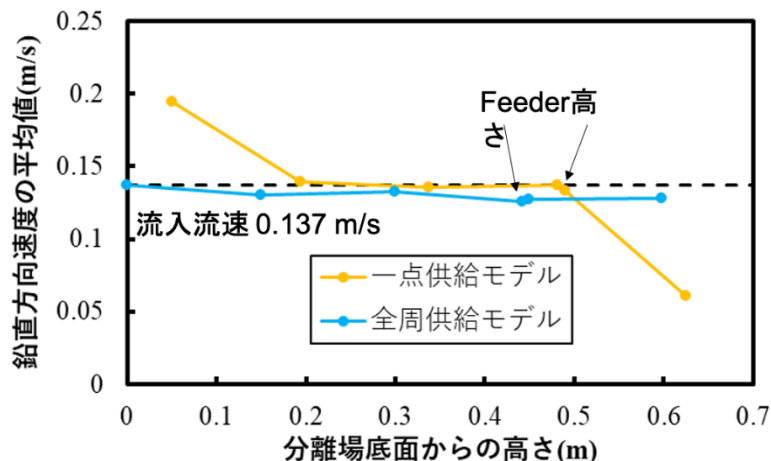


図 2-13 高さごとの鉛直方向の平均流速の比較

(3) 事業展開についての選別樹脂の販売先検討

市場における販売先別の用途に応じて選別樹脂の要求物性値は異なる。浮上品から得られた樹脂の物性値とそのばらつきを踏まえ、販売先に応じた配合材の選定及び配合量等の仕様を決める必要がある。表 2-9 には、樹脂の主要な基本特性の各項目に対する用途別要求特性を示す。

表 2-9 各用途別の要求物性

○：重要特性、△：優先度低い

基本特性	優先順位	1	2	3	4	5	6
	用途 項目	自動車	物流資材	建材	文具	雑貨	家電
成形性	MFR	○	○	○	○	○	○
重量	比重	○	△	△	△	△	○
引張強度	許容応力	○	△	△	△	△	○
曲げ強度	許容応力	○	○	○	○	△	○
衝撃強度	アイゾット値	○	○	○	○	○	○

材料物性の代表的な項目としては、射出成型による任意の形状設計を可能とするメルトフローレイト（MFR）と軽量化と直結する比重、外部力に耐える引張強度・曲げ強度及び衝

撃力に耐える靱性である。自動車、家電製品の場合は、使用箇所が限定されるが、全ての網羅的な特性が要求される。

また、純粋な樹脂に異物を含むと異物の物性値にも依存するが、樹脂と異物間の界面上で剥離現象が起こり、信頼性の品質が低下する懸念がある。

このため要求物性を実現する品質・信頼性とコストのトレードオフがあるため販売先の評価結果を踏まえて分野別の工程（選別、配合）が必要である。

表 2-10 は量産ベースの各分野別の販売量及び再生樹脂の業界別価格レンジの指標をまとめたものである。

表 2-10 各分野別の適用例と販売計画

用途	適用例	販売可能 数量 (トン)	単価 (円/kg)	
			下限	上限
自動車	アンダーカバー、オイルパン等	320	40	100
物流資材用途	パレット、コンテナ等	220	30	70
建材	雨水貯留槽、擬木、かわらざん等	220	30	50
文具	下敷き、シャーペン等	110	20	50
雑貨	玩具、日用品等	110	20	30
家電	冷蔵庫霜取りトレイ、洗濯パン、 スピーカー、グリル部品等	110	30	60

上表の販売可能数量は、本事業の年間売上ベースとなる回収量 1,089 トン/年の販売先を用途別に振り分けた。単価は上限、下限で振れ幅はあるが、品質依存要因である。

市場は現在コロナ禍で人的制約等があり、検証や試作に時間や人を回す余力が不足しており、販売先でのサンプル評価が進まない。なると PP 材は物性の内、衝撃強度と曲げ弾性率のばらつきが大きい結果となった。この 2 点はプラスチック製品の品質を確保する上で非常に重要な項目のため、顧客が求める強度・物性を保持することは非常に重要なポイントとなる。（詳細は 2.3.3、表 2-18 を参照）協和産業の今までの販売先への物性値を達成できるか検証し、選別樹脂のサンプル評価数を増やし、物性の再現性の確認を継続する。

2.2. 設備導入内容及び稼働結果

2.2.1. 導入選別機の仕様及び導入状況

導入設備の工程図を図 2-14 に示す。

約 500kg/h ベースで導入された定量供給機（A）から水流選別機の前後に配置される脱水

洗浄装置（D）を含めた工程である。参考として最終工程の樹脂ペレット化の押出工程（E）を追記した。

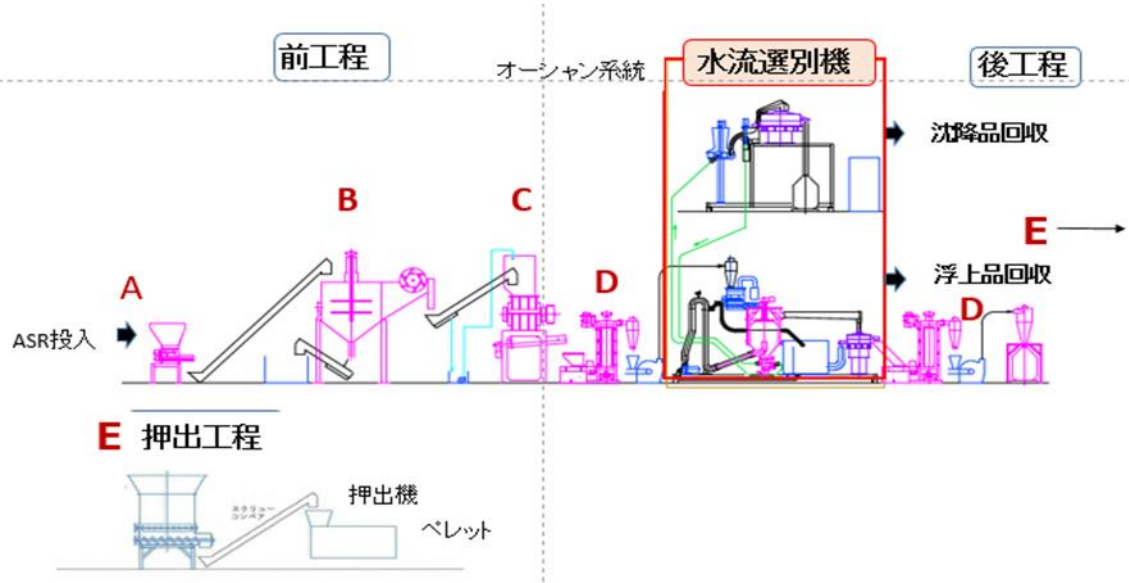


図 2-14 導入設備の工程図

水流選別機にて高品位な樹脂を得るためには、ASR 材の破碎形状最適化、樹脂以外の金属、ゴム、木材、繊維等の異物を前工程で効率よく除去することが必要である。

浮上品として回収された樹脂は、押出工程の押出機（E）に搬送され、今回新規に開発したレーザーフィルター付押出機にて連続したストランドを産出でき、量産形態での納品が可能となった。各設備の名称と機能の更新状況は、表 2-11 に示す。

2020 年 12 月以降、水流選別機での量産試験を行っており、目的数量である 500kg/h を達成した。

表 2-11 水流選別機の各装置の名称と検討結果

	名称	機能	設備仕様の変更の有無と内容	
A	定量供給機	約500kg/hベースで導入	新規	定量的にASR材を供給
B	粗選別機	基材の一次粉碎工程	新規	樹脂系と金属・塩ビ系と選別
C	洗浄粉碎機	樹脂系の二次粉碎	新規	
D	脱水洗浄装置	選別前粉碎品の脱水	新規	

水流選別機本体

D	脱水洗浄装置	選別後の樹脂の脱水	新規	
E	押出機	回収樹脂のストランド化	既存	

2.2.2. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応

前処理で行う異物除去の詳細な工程を図 2-15 と図 2-16 に示す。

カーシュレッダー工程

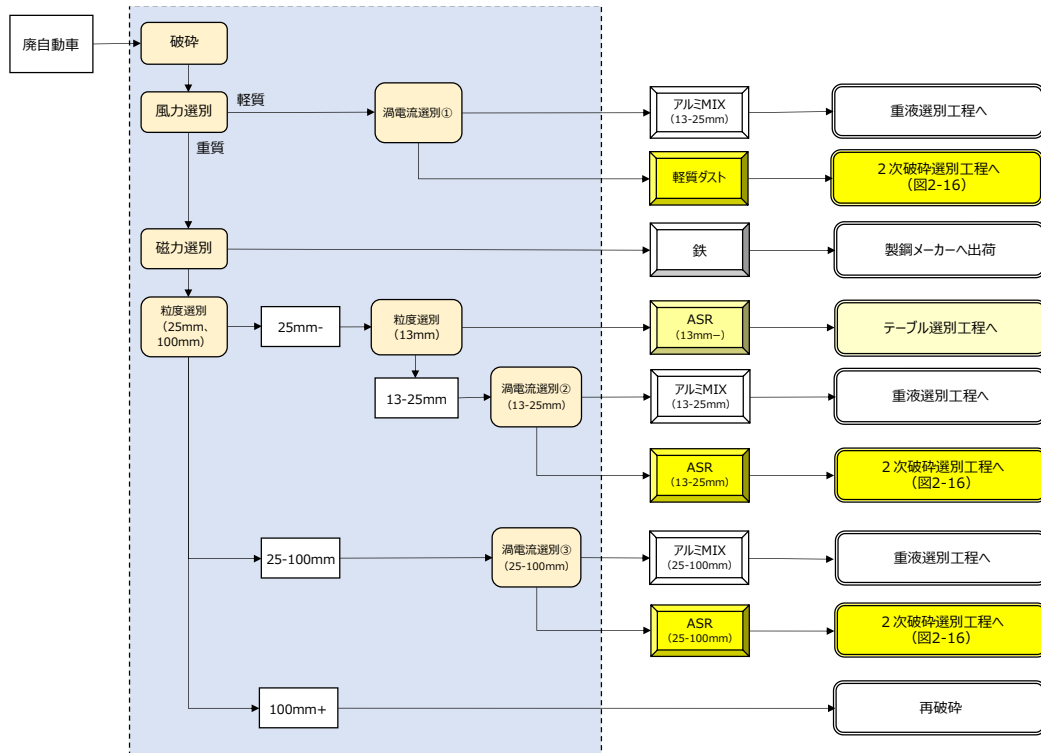


図 2-15 カーシュレッダー工程処理フロー

二次破碎・選別工程

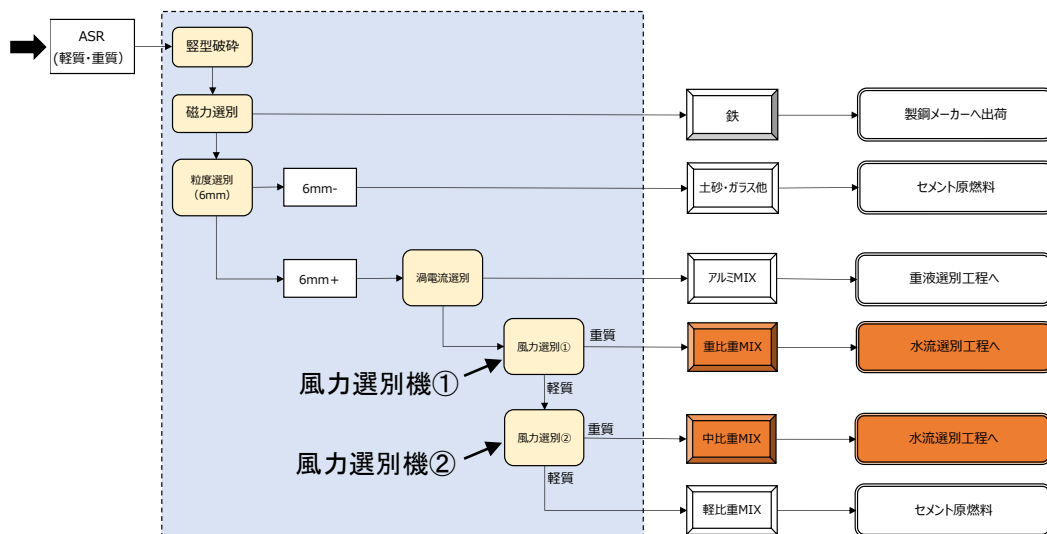


図 2-16 二次破碎・選別工程処理フロー

高品位樹脂の回収のために一次、二次破碎・選別工程を経て選別を行う。一次破碎工程では、比重が大なる非金属及び金属を分離し、専門メーカーへの販売含め ASR 材の有効活用ができる。検討状況は、二次破碎・選別工程でのサンプル性状のばらつき改善を目的とした縦型破碎機の設備稼働条件の設定である。

縦型破碎機とは、衝撃・せん断・圧縮・摩砕による複合破碎作用を繰り返す高速回転形の破碎機のことであり、畳・樹脂などの軟質物から金属・コンクリートまで材質を問わずに一括混合破碎が可能である。また、細かく均一性の高い破碎物にすることができる特徴があることより、後工程の選別精度向上が期待できる。

この稼働条件の設定とは、図 2-16 の風力選別機①②において、軽比重材の吸引力を増加させて重比重、軽比重の品位の向上を図ることである。併せて粉碎機の破碎用櫛歯の動作条件による粉碎粒の均一化により風力選別の効果も期待される。

最終的には、本検討により樹脂以外の異物が除去されることにより、押出工程で連続生産が可能となり高品位かつ高生産性に寄与すると考える。

2.2.3. 選別回収物の結果

(1) 中比重におけるなると選別試験の結果

2021 年 3 月 10 日までに、ASR 中比重 MIX で計 9 回の選別試験を実施した。選別条件は以下の試験条件①～③とした。試験条件①において、重比重及び中比重 MIX 中の金属類等の除去を目的として設置した一次水流選別機なるとハリケーン（図 1-1、B の装置）の沈降品（金属類、ゴム、PVC 等の重残渣）の中に回収したい浮上プラの混入が認められたことから、試験条件②・③の追加試験を実施した。試験条件②ではなるとオーシャンの沈降品（ABS や薄いハーネス等、PP・PE 以外）から浮上プラをより多く回収するために、循環ポンプのモーター回転数を上げて水流上昇速度を上げる方向に選別条件を変更し、浮上プラの回収率向上を試みた。

試験条件① 循環流ポンプを 24.13Hz で実施

試験条件② 循環流ポンプを 24.13Hz→25.15Hz に変更

試験条件③ 試験条件①で回収したハリケーン沈降品を試験条件②で再投入

9 回分の試験実施日及び試験条件のリストを表 2-12、3 つの条件におけるトータルの試験結果を表 2-13 に示す。試験条件①で得られた製品を図 2-17 に示す。表 2-13 において、機内残渣の値が負の場合、前回の試験で回収しきれずに残ったハリケーン及びオーシャンに残留した母材を表す。正の場合は目切れを表す。合計重量はこの機内残渣の量は含まれていない。表 2-13 の結果、ASR 中比重におけるオーシャン浮上プラの回収率は、試験条件①では 53.3%、試験条件②では 62.2%、試験条件③では 3.4%となった。

以上の結果、今回の試験では、ASR 中比重 MIX プラのなるとオーシャンでの最大回収率（1 回通し）は試験条件②の 62.2%であることが分かった。

試験条件②において回収率が上がった理由の一つとして、循環流ポンプの設定変更による水流上昇速度の向上が考えられる。一方、試験条件③においてはオーシャン浮上プラがわ

ずか 3.4%しか回収できず、残りの94.1%はハリケーン沈降品として回収される結果となった（残りの 2.5%は機内残渣等）。この試験では投入母材の状態が試験条件②とは異なり、浮上プラの混入が少ない二度がけを前提とした試験であったため、投入母材中の沈降プラの比率が多すぎて本来浮上するはずのプラが共連れによって一部沈降したと考えられる。試験条件②、③の結果より、浮上プラの回収率向上にはなるとオーシャンの水流上昇速度設定以外にも投入母材の状態を含めた選別条件の検討が必要であると言える。現段階では課題が残る結果となったが、今後の実稼働で n 数を増やし、浮上プラ回収に最適な選別条件を引き続き検討していく。

また、2020 年内に実施した歩留まり試験中、なるとオーシャンにおける循環ポンプに不具合が発生した。オーシャンプラに排出されるはずのダストくずがポンプの中で詰まることにより過負荷が発生することが判明した（図 2-18）。この対策として 2021 年 1 月 18 日～22 日にスラリーポンプを強化（5.5kw 品に交換）した後は、同様の不具合は発生していない。

ポンプ交換後の検証試験も含めて今後 n 増し試験を実施し、また、回収した浮上プラについては協和産業にて適宜物性評価を実施しながら、なるとオーシャン選別の安定化を図る。

表 2-12 サンプル番号と試験条件（ASR 中比重）

サンプル番号	試験日	試験条件
1-1	2020/12/21	試験条件①
1-2	2020/12/21	試験条件①
1-3	2020/12/23	試験条件①
1-4	2020/12/23	試験条件②
1-5	2020/12/28	試験条件③
1-6	2021/1/7	試験条件①
1-7	2021/1/12	試験条件①
1-8	2021/1/13	試験条件①

表 2-13 なるとオーシャンの試験結果（ASR 中比重）

ASR (KE-600) 中比重 MIX								
	試験条件①		試験条件②		試験条件①・②計		試験条件③	
母材重量[kg]	7,460		1,009		8,469		910	
運転時間[min]	1,106		194		1,300		122	
時間処理量[t/h]	0.41		0.31		0.39		0.45	
試行回数	7		1		8		1	
品名	重量 [kg]	歩留 [%]	重量[kg]	歩留[%]	重量[kg]	歩留[%]	重量[kg]	歩留[%]
オーシャン浮上プラ	3,979	53.3%	628	62.2%	4,607	54.4%	31	3.4%
オーシャン沈降品	130	1.7%	6	0.6%	136	1.6%	1	0.1%
ハリケーン沈降品	3,477	46.6%	384	38.1%	3,861	45.6%	856	94.1%
ろ布 (サイクロンダスト)	16	0.2%	3	0.3%	19	0.2%	1	0.1%
ベルトケース残渣	117	1.6%	27	2.7%	144	1.7%	13	1.4%
機内残渣	-259	-3.4%	-39	-3.9%	-298	-3.5%	8	0.9%
合計	7,460	100.0%	1,009	100.0%	8,469	100.0%	910	100.0%



ア. 中比重オーシャン浮上プラ



イ. 中比重ハリケーン沈殿品



ウ. 中比重オーシャン沈殿品



エ. ベルトケース残渣



オ. 中比重ろ布（排出サイクロンダスト）

図 2-17 中比重なると選別品



不具合を起こした循環流ポンプ（2021
年1月度交換対応済み）



トラブル発生直後の循環水槽内

図 2-18 循環流ポンプ詰まり

(2) 重比重におけるなると選別試験の歩留まり結果

2021 年 3 月 12 日までに、ASR 重比重 MIX で計 8 回の選別試験を行った。選別試験は以下の条件①・④とした。

試験条件① 循環水ポンプ交換前

試験条件④ 循環水ポンプ交換後

8 回分の試験実施日及び試験条件のリストを表 2-14、2 つの条件におけるトータルの試験結果を表 2-15、試験条件①・④のオーシャン浮上プラ・ハリケーン沈降品の製品を図 2-19 に示す。

試験条件①において、オーシャン浮上プラの回収率は 32.1%にとどまり、ハリケーン沈殿品が 69.0%の結果となった。重比重においてもハリケーン沈降品の中にオーシャン浮上プラの混入が認められた。ハリケーンの選別において浮上プラが回収できれば回収率の向上が見込まれると考える。

試験条件④では、汚水還流用の循環水ポンプを交換した後に選別試験を実施した。オーシャン浮上プラの回収率は 43.7%まで向上した。

2020 年 11 月～2021 年 1 月における、ASR の堅型破碎の生産量を表 2-16 に、2020 年 11 月・12 月における堅型破碎条件を比較したものを表 2-17 に示す。表 2-16 の試験結果中、特に 12 月 23 日の破碎試験において PP/PE が濃縮される重比重 MIX の回収率が 13.6%と低い値にとどまっていることがわかる。この原因としては破碎条件の変更があげられる。比較検証のため、当該品の回収率が高い値であった 11 月 18 日と 12 月 26 日の破碎条件を表 2-17 に示す。

12 月 26 日の破碎条件の変更理由としては、破碎当日の中比重 MIX の回収状況が思わしくなかったため（後に風力選別機（サイクロン）のロータリーバルブ閉塞が判明）、急遽排風機ダンパー及びトロンメル風力ダンパーの設定値を変更し、本来中比重で回収されるプラ MIX を重比重側より回収しようと試みたことがあげられる。しかし、中比重の歩留まりはほぼ変わらず、重比重及び - 6 mm の歩留まりが下がる思惑違いの結果となった。これは、中比重サイクロンのロータリーバルブが詰まっていたため、本来そこで落下して回収されるべきプラ MIX がサイクロン内筒から吸引されて次工程の軽比重 MIX として回収されたためと推測できる。

堅型破碎後の条件が変わったことによる回収物の評価も含め、協和産業にて物性評価を

行い選別の安定性の確認を行った。

表 2-14 サンプル番号と試験条件（ASR 重比重）

サンプル番号	試験日	試験条件
2-1	2020/12/22	試験条件①
2-2	2020/12/22	試験条件①
2-3	2021/1/25	試験条件④
2-4	2021/1/26	試験条件④
2-5	2021/1/27	試験条件④
2-6	2021/1/29	試験条件④
2-7	2021/2/1	試験条件④
2-8	2021/3/12	試験条件④

表 2-15 なんとオーシャンの試験結果（ASR 重比重）

ASR（KE-600）重比重 MIX						
	試験条件①		試験条件④		試験条件①・④計	
母材重量[kg]	1,708		10,921		12,629	
生産時間[min]	226		1,553		1,779	
時間生産量[t/h]	0.45		0.42		0.43	
試行回数	2		6		8	
品名	重量[kg]	歩留[%]	重量[kg]	歩留[%]	重量[kg]	歩留[%]
オーシャン浮上プラ	548	32.1%	4,772	43.7%	5,320	42.1%
オーシャン沈降品	16	0.9%	159	1.5%	175	1.4%
ハリケーン沈降品	1,178	69.0%	6,386	58.5%	7,564	59.9%
ろ布（サイクロンダスト）	4	0.2%	21	0.2%	25	0.2%
ベルトケース残渣	37	2.1%	60	0.5%	96	0.8%
機内残渣	-75	-4.3%	-477	-4.4%	-551	-4.4%
合計	1,708	100.0%	10,921	100.0%	12,629	100.0%



サンプル 2-2（試験条件①）の重比重
オーシャン浮上プラ

サンプル 2-2（試験条件①）の重比重
ハリケーン沈殿品



サンプル 2-3（試験条件④）の重比重
オーシャン浮上プラ

サンプル 2-3（試験条件④）の重比重
ハリケーン沈殿品

図 2-19 各サンプルの重比重オーシャン浮上プラ・重比重ハリケーン沈降品

表 2-16 ASR 軽質ダスト型破碎生産量の抜粋（2020 年 11 月 13 日～2021 年 1 月 13 日）

生産日	生産重量[kg]	-6 mm[kg] (歩留[%])	重比重[kg] (歩留[%])	中比重[kg] (歩留[%])	軽比重[kg] (歩留[%])	備考 (なると選別生産日)
2020 年 11 月 13 日	6,610	1,475 (22.3%)	1,551 (23.5%)	591 (8.9%)	2,833 (42.9%)	中比重=1-1~1-3
2020 年 11 月 17 日	21,707	5,725 (26.4%)	4,367 (20.1%)	2,643 (12.2%)	8,542 (39.4%)	中比重=1-1~1-3
2020 年 11 月 18 日	8,713	1,913 (22.0%)	2,019 (23.2%)	650 (7.5%)	4,006 (46.0%)	中比重=1-1~1-3 重比重=2-1, 2-2 (?)
2020 年 12 月 23 日	45556	5,545 (12.2%)	6,186 (13.6%)	3,623 (8.0%)	29,866 (65.6%)	中比重=1-6~1-8 重比重=2-3, 2-4
2021 年 1 月 13 日	20235	2,728 (13.5%)	4978 (24.6%)	1129 (5.6%)	11886 (55.3%)	※12 月 23 日の設定条件 の中で排風機ダンパー2 の値を 340 に変更。
合計	102,821	17,386 (16.9%)	19,101 (18.5%)	8,636 (8.4%)	57,133 (55.5%)	

表 2-17 2020 年 11 月・12 月における堅型破碎条件の比較

破碎条件	今回設定	単位	破碎条件	今回設定	単位
電流値上	50	A	電流値上	30	A
電流値下	45	A	電流値下	30	A
チョークリング上(平刃)	25	mm	チョークリング上(平刃)	25	mm
チョークリング下(櫛刃)	10	mm	チョークリング下(櫛刃)	10	mm
エブロン遅延	2	秒	エブロン遅延	2	秒
エブロンスピード	7	速	エブロンスピード	6	速
排風機ダンパー1	442	m3/min	排風機ダンパー1	442	m3/min
排風機ダンパー2	330	m3/min	排風機ダンパー2	300	m3/min
排風機ダンパー3	340	m3/min	排風機ダンパー3	340	m3/min
風力ダンパー鉄	6		風力ダンパー鉄	6	
風力ダンパートロンメル	4		風力ダンパートロンメル	3	
風力ダンパー非鉄選	6		風力ダンパー非鉄選	6	
風力選別ダンパー重比重 1	全閉		風力選別ダンパー重比重 1	全閉	
風力選別ダンパー重比重 2			風力選別ダンパー重比重 2		
風力選別ダンパー中比重	100-100		風力選別ダンパー中比重	100-100	
ドラム磁選機磁力調整	-	mm	ドラム磁選機磁力調整	-	mm
リニア ベルトスピード	6	速	リニア ベルトスピード	6	速
リニア ローター	6	速	リニア ローター	6	速
リニア仕切り板(新メモリ)	60	[°]	リニア仕切り板(新メモリ)	75	[°]
循環オイル流量	-	upper_lower l/min	循環オイル流量	-	upper_lower l/min

(1) 2020 年 11 月 18 日における破碎条件

(2) 2020 年 12 月 23 日における破碎条件

2.2.4. 目標とするマテリアルリサイクル樹脂の回収率

図 2-20 に ASR 投入から各工程を経て回収した PP、PE 樹脂の回収率を示す。(2021 年 3 月 12 日時点)

まず、ASR 軽質ダスト(図中「①軽質ダスト」)から回収した水流選別浮上品の選別歩留まりについては、中比重 MIX で 62.2%、重比重 MIX で 43.7%となる。この実測値より、ASR 全体からみた当該区分の PP、PE の構成比は、重比重 MIX で 5.9%、中比重 MIX で 5.3%と推計できる。

一方、ASR 重質ダスト(図中「②重質ダスト(13-25mm)」、「③重質ダスト(25-100mm)」、「④13mm-ダスト」)から回収した水流選別浮上品の選別歩留まりについては、過去実績値より、②重質ダスト(13-25mm)で 11.8%、③重質ダスト(25-100mm)で 11.8%、④13mm-ダストで 1.5%と推計し、その総量から当該区分に期待される PP、PE の構成比は、3.3%と見込んだ。

以上より、現時点では ASR 全体からの PP 樹脂回収率の見込み値は 14.6%となった。

1. ASR中からの回収品別重量

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
ASR	①軽質ダスト	76.1%	100.0%
	②重質ダスト (13-25mm)	10.4%	
	③重質ダスト (25-100mm)	10.4%	
	④13mm-ダスト	3.2%	
合計			100.0%

2. ①軽質ダストからの回収品別重量

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
①軽質ダスト	鉄	1.4%	1.1%
	アルミMIX	1.2%	0.9%
	6mm-MIX	22.9%	17.4%
	I 重比重MIX (硬質プラ群)	19.7%	15.0%
	II 中比重MIX (硬質プラ群)	12.4%	9.4%
	軽比重ダスト (フラフ)	42.4%	32.2%
	バグフィルターダスト	0.0%	0.0%
	未破砕品	0.0%	0.0%
合計		100%	76.1%

3. 水流選別浮上①のマテリアルバランス

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
①-I 重比重MIXのPP樹脂	PP・PE	39.5%	5.9%
	ゴム	4.1%	0.6%
	金属類	0.0%	0.0%
	その他	0.1%	0.0%
合計		43.7%	6.5%
①-II 中比重MIXのPP樹脂	PP・PE	56.6%	5.3%
	ゴム	5.4%	0.5%
	金属類	0.0%	0.0%
	その他	0.2%	0.0%
合計		62.2%	5.9%

※浮上品中のPP割合≒90.4%

※浮上品中のPP割合≒91.0%

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
②重質ダスト (13-25mm)	軽比重・その他回収物	15.8%	1.6%
	重比重回収物	84.2%	8.7%
合計		100.0%	10.4%

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
③重質ダスト (25-100mm)	軽比重・その他回収物	15.8%	1.6%
	重比重回収物	84.2%	8.7%
合計		100.0%	10.4%

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
④13mm-ダスト	軽比重・その他回収物	39.7%	1.3%
	重比重回収物	60.3%	1.9%
合計		100.0%	3.2%

選別歩留

11.80%
※見込み

11.80%
※見込み

1.50%
※暫定歩留

4. 水流選別浮上②、③、④のマテリアルバランス

カテゴリー	回収品名	構成比	
		区分中	全体
PP樹脂	PP・PE	17.2%	3.3%
	ゴム	47.2%	9.2%
	金属類	9.8%	1.9%
	その他	25.8%	5.0%
合計		100.0%	19.4%

※浮上品中のPP割合≒68.5% (暫定歩留)

ASR全体からのPP回収重量 (①+②+③+④、見込み)	
14.6%	
ASR全体からのPP回収重量 (①-I + ①-II + ② + ③ + ④)	

※暫定歩留

図 2-20 ASR 投入から各工程を経た PP 樹脂の回収率

2. 3. 実施結果を踏まえた考察

2. 3. 1. 水流選別機装置システムの導入に係る現状結果の考察

図 2-20 の試行試験の結果、及び過去の試験結果から ASR 全体からの PP 回収率を 14.6%と見込んでいる。量産工程における回収率の安定化及び、さらなる向上のためには、ASR の品質向上が必須であり、投入各ロットの管理を行うことが重要である。特に、前処理における金属類は、破砕機の安定動作を阻害する要因であるため ASR の粉砕機投入前の管理体制が必須であると考ええる。

2. 3. 2. 水流選別の実機メカニズムの技術検証に係る現状結果の考察

浮上品回収率のシミュレーション結果と実験結果より回収率の経時変化の定性的傾向は、一致したが、定量的には、シミュレーション結果より実験結果の方の回収率は低い結果となった。シミュレーションでは、供給口から粒子排出用の回転羽根の旋回運動に伴う円周方向の流れの影響を考慮していないためであると考えられる。図 2-6 には、回転羽根の簡略化したモデルを示しているが、シミュレーションでは計算対象外としている。また、粒子を槽内に供給するために備えたスクリーが実機には備えられているが、シミュレーションでは計算対象としていない。これらを省略しているため、実機と比較してシミュレーションにお

ける分離槽内の流れが安定し、結果としてシミュレーションから得られた回収率が高くなると考えられる。

今後は、実機とシミュレーション結果の定量的な合致を達成するには、供給口内の回転羽根などの忠実な槽内のモデルの構築及び供給羽根に伴う流れを考慮した解析が必要となり、水流選別機の大型化、高性能化のための今後の課題と考えている。

2.3.3. 事業展開についての選別樹脂の販売先検討に係る現状結果の考察

表 2-18 に今回の試行試験により得られた浮上品樹脂の物性評価結果を示す。

表 2-18 試行試験にて得られた浮上品の物性評価結果

	基本特性		中央値	標準偏差	評価サンプル数
1	成形性	MFR	14.60	3.72	11
2	重量	比重	0.98	0.03	
3	衝撃強度	アイゾット値	10.27	15.16	
4	引張り強度	最大応力	20.65	3.29	
5	曲げ弾性率		1,673	400.36	
6	曲げ強さ		33.0	5.92	

表 2-18 より#3 の衝撃強度と#5 の曲げ弾性率の標準偏差（ばらつき）が大きい結果となった。この 2 点はプラスチック製品の品質を確保する上で非常に重要な項目のため、顧客が求める強度・物性を保持することは非常に重要なポイントとなる。

ばらつき要因は、ASR 元材のロット毎の物性値ばらつきに依存すると考えられ、ロット毎に物性を測定し、ターゲット商品の物性に合わせた配合（コンパウンド）を行うことが必要条件になると判断した。

表 2-19 は区分別の顧客評価状況と今後の計画についてまとめたものである。

現行得られた物性値に対する評価結果が OK の対象区分は、物流、建材分野であり、文具は色の問題で配合材の検討を行う予定である。家電分野は、物性値の評価中であり、認可が取れ次第サンプル提供予定である。自動車分野は、多種材料組成を有する元材の物性に依存するため最適な配合材の決定と価格見積りと共に顧客への物性評価を依頼する予定である。

表 2-19 樹脂サンプルの用途別仕様とサンプル提供状況（2021 年 3 月時点）

	区分	ターゲット部品	評価状況	今後の計画
1	自動車	バッテリートレイ オイルパン アンダーカバー	元材の安定調達 最適配合検討 価格検討	物性評価
2	物流資材	パレット コンテナ	物性評価OK	サンプルにて製品評価
3	建材	基礎/土台	物性評価OK	サンプルにて製品評価
4	文具	筆記用具	色の問題で継続審議	配合再検討
5	雑貨	おもちゃ類 ハンガー	継続評価 金属探知NG	サンプルにて製品評価 金属除去の問題解決
6	家電	室外機 スピーカー類	物性提出	物性評価後 サンプルを送り評価

3. 今後の実証事業実施における課題及び解決方法等

3.1. 現状の課題

3.1.1. 水流選別装置システムの導入に係る課題

試行試験にて一連の前工程、後工程、水流選別機の動作を確認し、工程上のボトルネック有無の確認、浮上品の対 ASR の歩留まりも確認できた。今後は、連続運転における動作安定維持のために各工程でのセンシングを行い、維持管理体制を構築する。

表 3-1 に、本設備の目標仕様値との比較で、量産稼働維持管理項目を示す。

表 3-1 水流選別装置量産稼働の維持管理項目

性能項目		目標仕様値	結果	今後の課題
設備連続運転		2,400 時間/年	84 時間（3 月末現在）	・管路目詰まり対策、選別精度維持のための運転稼働状況のモニタリングによる維持管理体制の構築
性能	選別比重範囲	最大分離点 1.05	1.05 達成	・試験運転では、1.05 達成稼働維持のための循環水の定期交換等の品質基準の構築
	選別精度	マテリアル樹脂比率 95%以上	95%達成	・マテリアル比率(PP・PE 率)95%以上維持のための最終工程でのレーザーフィルター性能維持
環境保全		有害物質排除		・ASR 含有量の RoHS（ローズ）指令対象の臭素系難燃剤の事前把握と必要に応じた適宜検査体制の構築

3.1.2. 水流選別機の実機のメカニズムの技術検証に係る課題

全周供給口を有した実機を反映したシミュレーションモデルを作成し、解析結果から供給方法として一点供給モデルよりも全周供給モデルが理想的な分離に適していることが示唆された。また、実機での粒子挙動の比較検証を行い、解析条件の合わせ込みをしたところ、定性的な一致は得られたものの定量的な一致には至らなかった。これは、現状でのシミュレーションでは、全周供給口から粒子が理想的に均一供給されると仮定しているのに対して、実験機においては、供給口内の回転ローターの回転にともなう回転方向の流れ及び供給口内部の流れによって、理想的な均一供給とのギャップが生じていることが一つの要因であると考えられる。すなわち、シミュレーションにおいて、供給口内の粒子挙動を解析対象としていないために、定量的な一致を得ることができなかったと考えられる。したがって、シミュレーションからの水流選別装置の運転条件のさらなる最適化のためには、分離場内の粒子挙動解析に加え、供給口内での粒子—流体解析が必要である。

水流選別機の容量、能力の向上に応じて本流系シミュレーションの活用が一層期待される。このため本装置設計の入力パラメータと出力パラメータが浮上率及び品位に与える影響度を示した設計指針を明確にすることが重要である。

図 3-1 は、流系シミュレーションにおける入力、出力パラメータの関係を模式的に示した。

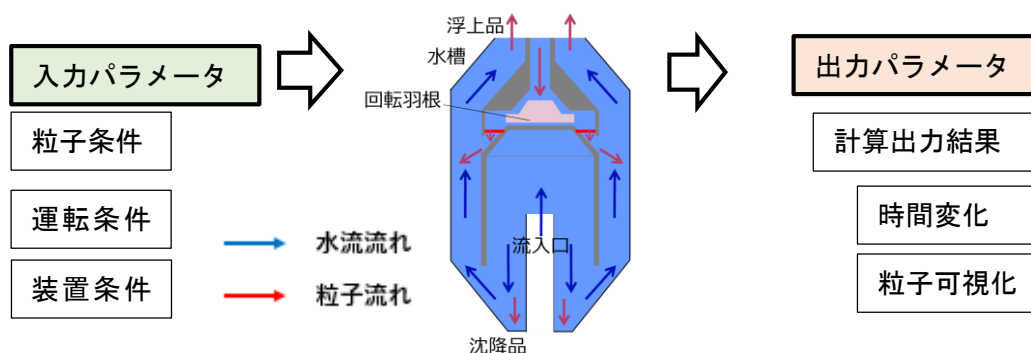


図 3-1 流系シミュレーションの解析パラメータのまとめ

上記入力パラメータの諸元を表 3-2 に示し、出力パラメータの諸元を表 3-3 に示す。

表 3-2 より回収率・品位に影響を及ぼすパラメータは、粒子条件では、形状、密度、粒度の順であると考えられる。運転条件では、水槽内の上昇水流に寄与する流量が最も影響度が大きく、供給口から投入する粒子速度が順に影響すると考えられる。

装置条件としては、粒子供給口形状の影響度が大きい。本報告でも明らかなように、元材の破碎メッシュによる扁平形状の粒子の浮上効果と供給量、装置の全周供給口の形状が製品に採用されている。

表 3-2 入力パラメータの回収率・品位への影響度

入力パラメータ		回収率・品位への影響度
粒子条件	粒子形状	++
	粒度	+
	密度	++
	摩擦係数	—
	反発係数	—
	縦弾性係数	—
運転条件	流量	++
	粒子供給速度	++
装置条件	供給口形状	++

"++:大きく影響、+:影響する、—:あまり影響しない"

表 3-3 出力パラメータの出力結果

出力パラメータ		出力結果
選別成績	産物回収率	経時変化で算出
	産物品位	
粒子情報	粒子位置	経時変化の可視化とデータ抽出
	粒子速度	
	粒子接触数	経時間変化のデータ抽出
	粒子接触力	
流体情報	流体速度	経時変化の可視化とデータ抽出
	流体速度ベクトル	

表 3-4 は、本事業で得られたシミュレーション結果の現状と今後検討すべき課題を示した。粒子形状は、577 個の実試料の計測にて代表値を定義したが、実際は、中心値と標準偏差を有した分布を有している。このため全供給粒子にこの形状分布を与えて、回収率の計算は可能であるが、計算負荷軽減のためのアルゴリズム開発が必要となってくる。

流体中の粒子は扁平な直方体であるため回転運動を伴うが、粒子周りの流れの場の計算と上昇水流に与える影響は、相互の連成解析が必要となる。

シミュレーションの水質は、水の密度、粘度を一定条件で設定したが、実機では、新規粒子の投入により浮上、沈降せずに滞留する粒子も存在するため、定義した密度、粘度と異なる状態になると思われる。実験的に循環水の計測により特性を設定して解析可能と考える。

装置の流路は、上昇方向の流れと供給側の円周方向の流れであるが、複雑な流れ流路の解析には、新規の物理モデルの構築が必要であり、計算負荷軽減のアルゴリズム開発も必要になると考える。

表 3-4 シミュレーション結果の現状と今後の課題

現状では影響を確認できないパラメータ		現状	今後の課題
粒子	粒子形状	直方体、球で限定的解析	新規物理モデル作成にて可能性有
	形状分布、粒径分布	計算負荷上、限定的設定	計算機能力向上、負荷軽減 計算アルゴリズム開発
流体	粒子による流れへの影響	計算負荷上、定常流と仮定	粒子—流体運動の連成解析により解決
	気相との境界水面	気相を考慮した解析無	固相液三相流解析により解決
	水質	密度・粘度のみ、水質汚濁の考慮無	新規物理モデルの構築・開発により解決可能
装置	流路の複雑な水槽形状	水槽形状は実機適用 ただし、羽根形状は簡略化	

4. 事業化の計画

4.1. 想定する事業

2021 年度末、年間 1,000t～1,200t 程度のリサイクル樹脂回収及び販売を目指す。

また、将来的には自動車以外の家電や小型家電等の廃プラスチックについてもマテリアルリサイクルを進めることも視野に入れているほか、ASR 処理を行う他の企業への技術提供や知見共有を通じて再資源化技術の普及に努めることで、国内の循環型社会構築にも貢献できると考えている。

一方、日本シームは、水流選別システム設備の有効性が確認できれば、自動車リサイクル業者はもちろんのこと、家電リサイクル業者、容器リサイクル業者等、全国の多様なリサイクル業者に積極的に販売・導入を進めていく予定である。そのため、ASR 削減だけでなく、リサイクルが困難なミックスプラスチックのマテリアルリサイクルにも大きく貢献できると考える。また、本設備の導入は日本国内だけでなく、他国にも展開可能と考えており、日本の高度なリサイクルインフラ技術を輸出することで、海外のマテリアルリサイクル促進にも寄与できる可能性がある。

さらに、協和産業は水流選別システム設備で回収されたリサイクル樹脂を調合し、販売していくことで、全国で発生する ASR からの樹脂回収を推進し、再生材の製造事業を展開できる可能性がある。ASR から製造した再生材の物性が確立し、安定的な材料供給が実現すれば、自動車業界を含めた各業界への販売展開が進められる可能性がある。

5. 事業の評価

5.1. 設備導入後の事業収支

最終的な事業収支の試算見積もりを表 5-1 に示す。

<前提条件>

- ・ ASR 再資源化施設の再生樹脂回収工程として設定
 - ・ 設備投資 120,000 千円
 - ・ ASR 再資源化費用は、25 円/kg と仮定。また、回収できた再生樹脂数量に対してだけに収入分その他収入として計上した。回収樹脂以外は本事業の収入には計上せず、ASR 再資源化施設でのその他の処理に使用する。
 - ・ リサイクル樹脂販売単価は 20 円/kg。
 - ・ 稼働は 8h/日、人員は社員 1 名。
- 設備投資費用は、4.8 年で回収可能となり 5 年目の途中から収益を確保できる。

表 5-1 設備投資費用計上の場合の事業収支（7 年間平均）

生産量		2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	7年平均
売上高	数量(t/y)	959	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,105
	単価(円/kg)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	金額(円/y)	19,180	22,580	22,580	22,580	22,580	22,580	22,580	22,094
設備キャパ(kg/h)		550	550	550	550	550	550	550	550
設備稼働時間	時間(h/y)	1,744	2,053	2,053	2,053	2,053	2,053	2,053	2,009
	シフト(回/d)	1	1	1	1	1	1	1	1
	日数(d/y)	218	257	257	257	257	257	257	251
	月間日数(d/m)	18	21	21	21	21	21	21	21
人件費		4,359	5,132	5,132	5,132	5,132	5,132	5,132	5,021
請負金		1,744	2,053	2,053	2,053	2,053	2,053	2,053	2,009
物品費		959	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,105
修繕費		959	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,105
電力料		2,736	3,222	3,222	3,222	3,222	3,222	3,222	3,152
減価償却費		17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143
水道費用		174	205	205	205	205	205	205	201
輸送費		4,795	5,645	5,645	5,645	5,645	5,645	5,645	5,524
その他		360	360	360	360	360	360	360	360
売上原価合計(円/y)		33,230	36,018	36,018	36,018	36,018	36,018	36,018	35,619
売上利益(円/y)		-14,050	-13,438	-13,438	-13,438	-13,438	-13,438	-13,438	-13,525
販売費		575	575	575	575	575	575	575	575
一般管理費		575	575	575	575	575	575	575	575
管理費計(円/y)		1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151
その他収入		23,975	28,225	28,225	28,225	28,225	28,225	28,225	27,618
その他収入計(円/y)		23,975	28,225	28,225	28,225	28,225	28,225	28,225	27,618
営業利益(円/y)		8,774	13,637	13,637	13,637	13,637	13,637	13,637	12,942
営業利益単価(円/kg)		9.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	11.7
年度		1	2	3	4	5	6	7	
投資金額		-120,000							
CF(キャッシュフロー)		-94,083	30,779	30,779	30,779	30,779	30,779	30,779	
CF累計現在価値		-94,083	-63,303	-32,524	-1,745	29,035	59,814	90,593	
回収期間(年)		-	-	-	-	4.8	5.5	6.2	



2021 年度の目標：
約 959t/年リサイクル樹脂販売達成

2021～7 年間の平均目標値：
破砕自動車：36,000 台/年
数量：1,105t/年 平均販売単価：20 円/kg

5.2. 採算性の評価

表 5-1 の設備導入後の事業収支試算により、投資効果は 4.8 年で投資回収は及第点と考える。しかしながら、本事業は設備補助が全額の事業であり、本事業評価としては表 5-2 の通りになり、ASR 再資源化施設の一部工程の事業としては営業利益単価が 27.2 円/kg の事業として評価できる。

<本事業の設備費用全額補助条件での収支計算>

表 5-2 設備費用補助の本事業としての事業収支 (7 年間平均)

		7年平均	備考
①売上高	数量(t/y)	1,105	破碎台数3,000台/m
	単価(円/kg)	20.0	マテリアル樹脂目標販売単価
	金額(千円/y)	22,094	
設備キャパ(kg/h)		550	
設備稼働時間	時間(h/y)	2,009	年間の稼働時間
	シフト(回/d)	1	
	日数(d/y)	251	年間の稼働日数
	月間日数(d/m)	21	月の稼働日
②売上原価合計(千円/y)		18,477	人件費などの変動費(人件費7,030千円/y)
③売上利益(千円/y)		3,618	
④管理費計(千円/y)		1,151	
⑤その他収入計(千円/y)		27,618	ASR中の樹脂を有価物として販売するので、その数量分①をASR再資源化費用(25円/kg)で計上
⑥営業利益(千円/y)		30,085	
⑦営業利益単価(円/kg)		27.2	
⑧投資金額(千円)		0	設備投資費用
⑨投資回収期間(年)		-	本事業は設備投資100%であるので投資回収は無し
⑩自動車処理台数(台/月)		3,000	

稼働率
向上

<月間最大稼働条件での収支計算>

表 5-2 の月間稼働日数が 21 日であり、設備の稼働をさらに上げることができるため事業収益は表 5-3 になり、ASR の増量によりさらに事業としての試算を行った。

設備投資費用は、2.6 年で回収可能となり 3 年目の途中から収益を確保できる優秀な事業であると評価できる。

表 5-3 設備キャパフル稼働(月に 25 日×16 時間/日稼働)の場合の事業収支 (7 年間平均)

		7年平均	備考
①売上高	数量(t/y)	2,600	破碎台数3,000台/m
	単価(円/kg)	20.0	マテリアル樹脂目標販売単価
	金額(千円/y)	52,000	
設備キャパ(kg/h)		550	
設備稼働時間	時間(h/y)	4,727	年間の稼働時間
	シフト(回/d)	2	
	日数(d/y)	295	年間の稼働日数
	月間日数(d/m)	25	月の稼働日
②売上原価合計(千円/y)		60,022	人件費などの変動費(人件費16,545千円/y)
③売上利益(千円/y)		-8,022	
④管理費計(千円/y)		3,120	
⑤その他収入計(千円/y)		65,000	ASR中の樹脂を有価物として販売するので、その数量分①をASR再資源化費用(25円/kg)で計上
⑥営業利益(千円/y)		53,858	
⑦営業利益単価(円/kg)		20.7	
⑧投資金額(千円)		-120,000	設備投資費用(マイナスで表示)
⑨回収期間(年)		-	
⑩自動車処理台数(台/月)		7,273	

5.3. 有効性の評価

本実証事業の目的は、廃自動車からのプラスチックマテリアルリサイクル及び ASR の削減を実現し、リサイクル料金の削減に貢献することである。

マテリアルリサイクルとしては、自動車以外のその他製品への展開は十分可能であることが確認できた。これにより、公益財団法人 自動車リサイクル高度化財団の事業の目的である ASR の有効利用と廃棄物削減に大きく寄与するための道筋を確立し、その目的を達成する実証結果を得た。

また、ASR の低減効果により経済的な恩恵が大きいことも示唆された。現在、ASR 処理に要するユーザー負担は約 7,000 円/台に達しているが、約 14.6%の ASR がマテリアルリサイクルされると仮定すれば、約 1,000 円のリサイクル料金低減につながる計算になる。1 台あたりにすると低減額は限定的だが、2019 年度の使用済自動車の引取台数が約 324 万台であることを考慮すれば、全体では 32.4 億円の ASR 処理費用の低減につながることになる。

一方、ASR から回収したプラスチックの CAR T0 CAR 樹脂リサイクルについてはコストや難燃剤等の課題を残すことになったが、実現への道筋は見えた。

本事業での実証結果は、ASR のマテリアルリサイクルの促進と、それに伴う ASR 削減貢献の観点から、高い有効性があると判断できる。

近年では軽量化の進展により、自動車への樹脂使用量は増加傾向にあるため、本事業の成果が今後の自動車リサイクルの高度化に寄与し、循環型社会構築に貢献できる余地は大きいと考えられる。

以上