

2019 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

2020 年 3 月 27 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

<b>1. 助成事業の計画</b> .....	<b>3</b>
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 .....	3
1.2. 事業の実施内容 .....	4
1.2.1. 事業計画概要 .....	4
1.2.2. 事業の実施体制.....	5
1.2.3. 事業の実施スケジュール .....	6
<b>2. 助成事業の報告</b> .....	<b>7</b>
2.1. 助成事業実施結果.....	7
2.1.1. 2018年度の実績と課題.....	7
2.1.2. 2019年度の実施結果 .....	11
2.2. 設備導入内容及び稼働結果.....	25
2.3. 実施結果を踏まえた考察.....	26
2.3.1. 水流選別装置（試験機）の改良及び量産装置の実施結果を踏まえた考察.....	26
2.3.2. 水流選別のメカニズムの解析による実機への展開の実施結果を踏まえた考察... 26	
2.3.3. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の実施結果を踏まえた考察 26	
2.3.4. 有害臭素系難燃剤（DeBDE）の同定及び定量検出法の検討の実施結果を踏ま えた考察 .....	27
2.3.5. 改良材料の物性評価の実施結果を踏まえた考察.....	28
<b>3. 今後の実証事業実施における課題及び解決方法等</b> .....	<b>30</b>
3.1. 現状の課題 .....	30
3.1.1. 水流選別装置（試験機）の改良及び量産装置の現状の課題.....	30
3.1.2. 水流選別メカニズムの解析による実機への展開の現状の課題 .....	35
3.1.3. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の現状の課題 .....	35
3.1.4. 有害臭素系難燃剤（DeBDE）の挙動の確認の現状の課題 .....	36
3.1.5. 改良材料の物性評価の現状の課題.....	36
3.2. 課題の解決方法及び今後の実証事業における検討内容 .....	36
3.2.1. 水流選別装置（試験機）の改良及び量産装置の現状の解決方法 .....	36
3.2.2. 水流選別のメカニズムの解析による実機への展開の解決方法 .....	38
3.2.3. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の解決方法.....	38
3.2.4. 有害臭素系難燃剤（DeBDE）の挙動の確認の解決方法 .....	38
3.2.5. 改良材料の物性評価の解決方法 .....	39
3.3. 来年度以降の助成事業展開.....	39
3.3.1. 想定する事業の内容 .....	39
3.3.2. 導入設備の内容.....	41
3.3.3. 事業の実施体制.....	43

3.3.4.	事業スケジュール	44
3.3.5.	資金計画	44
<b>4.</b>	<b>事業化の計画</b>	<b>44</b>
4.1.	想定する事業	44
<b>5.</b>	<b>事業の評価</b>	<b>45</b>
5.1.	設備導入後の事業収支	45
5.2.	採算性の評価	45
5.3.	有効性の評価	46

## 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。

又、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、又、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（1000ppm, 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；同設備の設置と実働開始

以下、2019 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、引き続きシミュレーション開発及び検討を実施する。特に、2019 年度は主に粒子の供給量が多い条件での解析をするため、さらなるシミュレーションの改良を実施するとともに、種々の粒子密度や供給量の条件での解析により選別機構の考察を進める。又、本プロジェクト期間内に水流選別装置の設計に資する比重選別の機構に対する一連の考察を実施する予定である。

そのほか、水流選別後の産物におけるゴム等の異物を除去するための振動テーブル等の分離プロセスの予察的検討を実施する。粒子シミュレーションを用いて、振動テーブル上のゴム／樹脂等の挙動を解析することで、分離挙動に対する各種パラメータの影響を評価する予定である。

#### (2) 装置開発

2018 年度に開発した試験装置を商品として量産可能な水準まで改良することを目的として、異物除去装置の開発を行う。これは、装置投入前に各異物の特性を把握し、異物特性に合わせて色選別や帯電分離等の選別技術との組み合わせ可否を検討する。

特に、ゴム類には振動テーブル等を用いた除去プロセスが有効と考えられ、シミュレーションデータも用いて検討を行う予定である。

又、各異物特性を利用し、前処理段階での異物除去の可能性も検討する。本事業内でも洗浄・粉碎機投入前に金属類と粗選別する日本シーム製選別機「なるとハリケーン型」の活用を試みたが、沈降品が多く排出部分に詰まる課題があった。そこで、新たな粗選別機の開発

を試みる。

機械的な課題としては、レアドコレクターに代わる浮上品回収装置の開発が最優先となる。加えて、分離槽部の水筒部と外壁クリアランスの再検討等も行うことで、より回収効率の高い設備設計を目指す。又、異物除去装置の研究開発と並行して、後述するオートチェンジャー（メッシュに異物が詰まった際のメッシュ交換を容易にする装置）を活用した場合の異物処理能力で、連続生産が可能か検証する。

以上のように水流選別装置及びその前後の設備を含めたライン全体で異物除去能力を向上させ、回収したPP樹脂の物性を確認する。

### (3) 有害臭素系難燃剤の除去可能性検討

今回の実証試験で水流選別装置による大幅な臭素の除去は確認できたが、確実な有害臭素系難燃剤の選別を目指して、有害臭素系難燃剤の分析方法であるFT-IR（フーリエ変換赤外分光法）、蛍光X線分析、溶媒抽出等の手法の適用可能性を検討する。又、樹脂表面に付着した異物、特に有害臭素系難燃剤の除去を目的として、樹脂の塗膜除去装置の活用も検討する。なお、サンプルにはDeBDEが実際に含有された部品を使用することで、事業化時の選別工程を再現し、有効性の高いデータを得ることを目指す。

## 1.2.2. 事業の実施体制

ハリタ金属を代表事業者として、前年度と同様の4社と共同で事業を実施する。体制及び役割を図1に示す。

樹脂リサイクル装置のトップメーカーである日本シームでは、引き続き水流選別装置の改良と、量産につながる研究開発を行う。又、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もつ協和産業にて、リサイクル樹脂の製品化及び水流選別後の異物の除去技術を開発する。今年度に粒子-流体シミュレーションを担当した早稲田大学理工学術院・所干晴教授は、水流選別の精度向上のためのシミュレーションを引き続き実施し、又、水流選別後の異物を除去する選別技術開発へのシミュレーションを新たに実施する。

前年度同様にエコメビウスは、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。同様に日本自動車工業会のアドバイスを受けて、本年度も実証事業を推進する。

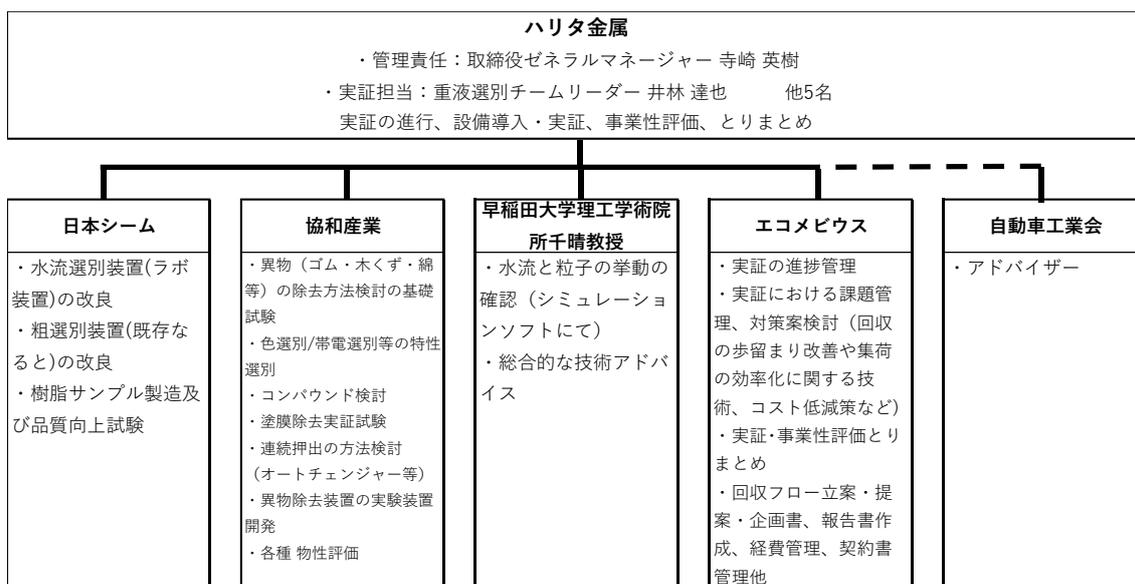


図1 2019年度実証体制と役割

出所) エコメビウス作成

### 1.2.3. 事業の実施スケジュール

2018年度は、試験機の作成、改善を行い、上昇水流型的水流選別機に決定した。又、本上昇水流型からの回収樹脂の検討を実施した。

2019年度は、試験研究については、事業開始当初から実施しているPP、PE以外の異物の特性を活用した除去方法の検討を中心に、新規シミュレーションによる装置形状の改良、有害臭素系難燃剤の確認のための分析方法の検討や、前処理、水流選別以外の方法を用いた異物除去方法の検討を進める。又、設備導入についても、2018年度の事業を通じて基本設備一式は導入済みである。事業当初の方針である導入設備の改良を中心に、ライン全体の最適化を含めて検討を進める。最後に、異物除去方法や水流選別機の最適化によって回収できた樹脂の物性について、コンパウンド配合も含めて評価を行う。

2020年度に、それまでの条件を踏まえ量産実機を製造及び設置する。又、選別されたりサイクル樹脂原料の販売先を定めていく。さらに、シミュレーションについては量産実機で動作メカニズム通り選別されているかの検証を行う。

表1 本年度（2019年度）事業スケジュール工程表

作業項目	2019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	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
試験	①PP、PE以外の異物除去方法の検討																							
	②コンパウンド・塗膜除去実証試験																							
	③新規シミュレーションによる装置形状の改良																							
	④難燃剤の確認のためのFTIR・蛍光X線分析など																							
	⑤前処理での異物除去装置投入試験																							
	⑥振動テーブル等によるゴム等除去プロセスの検討																							
	⑦粉砕機、水流選別機テスト																							
設備導入	⑧水流選別機（試験機）修正改良																							
	⑨押出機用オートエンジャーの導入・試験																							
	⑩投入前処理設備の改造																							
	⑪異物除去実験装置開発																							
評価	⑫改良材料の物性評価																							

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. 2018年度の実績と課題

##### (1) 水流選別装置開発（最適な装置形状の検討）

水流形式が渦水流型の本体構造を有する日本シーム製「流選なると」の小型機を製作し、一部改造により分離精度の向上を試みたが、期待する精度向上は得られず非採用とした。

一方、水流形式が上昇水流型の本体構造を有し、断面形状は維持しつつも高精度分離が見込める寸法に変更した水流循環型の「なると（循環型）」を開発し、本方式を採用した。水流循環型は、本体内の分級場において、全領域の流れが均一に上昇する上昇水流型とすることで、高精度分離の実現に適していることがわかった。

2019年1月には、同様な構造で、さらに改良を加えた水流選別装置（試験機）を開発した。

又、上記の水流循環型と並行して他2つの分離形式（原理）の検討を行った。

1つは、「自由渦型」であるが、早稲田大学による流系シミュレーションの結果、予定の水流の流線が得られないことが明らかになり、製作図面のみで試作は中止した。

他方は、「二次元型」であり、これは、円形断面ではなく、四角断面を持つスリットプレートを備え、水流形式は「なると（循環型）」同様の水流循環型である。

試作機は、ある程度の分離性能を示したが、「なると（循環型）」ほど良好な性能を得ることができなかったため検討を中止した。

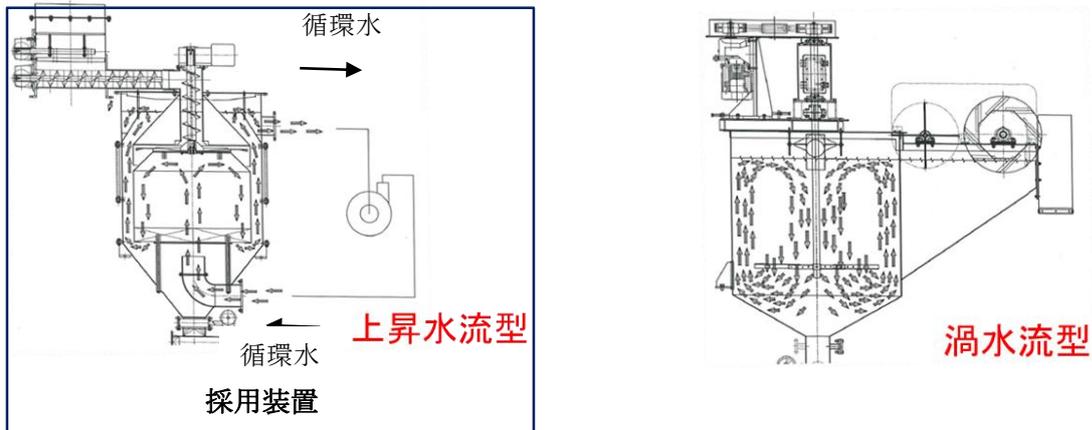


図2 水流選別装置形状の最適化検討結果

上記最適化された渦水流型の装置における実験検証にて、連続運転時間未達の主要因を確認した。これは、浮上品回収装置の不具合、分離精度向上のための水流上昇ポンプの動力不足、水流選別機投入前の粗選別機の改良である。

(2) 水流選別装置での条件検討（流系シミュレーション活用）

2018年度は、流系シミュレーションにより自由渦型と循環型の2種の装置内の流体及び粒子挙動を解析した。シミュレーション結果から、循環型装置の形状の方が高精度な選別に適していると判断された。又、低回転条件では長い処理時間を要するものの、十分な処理時間を保った際には全量回収可能であること等が示唆された。

しかしながら、2018年度のシミュレーションでは球形粒子を対象とし、粒子の供給量が少ないため粒子間の衝突が少ない条件を設定していた。そのため、粒子形状の違いによる選別挙動に与える影響と、供給量が多く粒子間の衝突が多くなる条件における選別挙動を解析できていないことが課題として挙げられた。又、水流選別装置の設計に対して、シミュレーションから得られた知見を十分にフィードバックできていない等の課題も残った。従って、2018年度で明らかとなった課題は以下のようにまとめられた。

- ①球形粒子以外の非球形粒子の選別挙動に与える要因検討の追加の必要性
- ②シミュレーション結果の水流選別装置へのフィードバック不足

(3) 再生PP樹脂の評価（物性評価、全臭素分析）

循環型的水流選別装置による選別品において、物性評価と全臭素分析を行った。

- ①物性評価では、選別品（浮上品）の押出試験では異物過多のため、押出機でペレット化することができなかった。下記の2つの対策を行い、目標物性を達成することができた。
  - a. 帯電分離選別にて主に木片の除去
  - b. ゴム類の異物選別にて主にゴム類の除去

表2に目標物性一覧を示す。表3と表4に“なると”浮上品 コンパウンド物性表を異なるターゲットで示す。

表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 <sup>3</sup>	1.07以下	1.0以下
引張降伏強度	MPa	18以上	←
引張破壊伸び	MPa	10前後	15前後
曲げ弾性率	%	1300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 <sup>2</sup>	15以上	5以上

表3 なんと浮上品 コンパウンド物性表①

項目	単位	試験方法	測定結果	
			品名:	なんとNo.1ペレット
MFR	g/10min	JIS K7210		16.95
比重	g/cm <sup>3</sup>	JIS K7112		0.97
引張弾性率	Mpa	JIS K7161 JIS K7162		1335.7
引張降伏強度	Mpa			22.35
引張破壊伸び	%			40.8
引張伸び率	%			5.0
曲げ弾性率	Mpa	JIS K7171		2032
曲げ強さ	Mpa			39.1
アイゾット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	JIS K7110		19.57

(ターゲット：ディフューザー・アンダーカバー等)

表4 なると浮上品 コンパウンド物性表②

項目	単位	試験方法	測定結果	
			品名:	なるとNo.2ペレット
MFR	g/10min	JIS K7210		16.43
比重	g/cm <sup>3</sup>	JIS K7112		0.97
引張弾性率	Mpa	JIS K7161 JIS K7162		1232.5
引張降伏強度	Mpa			22.56
引張破壊伸び	%			29.5
引張伸び率	%			4.9
曲げ弾性率	Mpa	JIS K7171		2037
曲げ強さ	Mpa			41.1
アイゾット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	JIS K7110		8.32

(ターゲット：バッテリートレイ・エンジンオイルパン等)

②全臭素分析では、水流選別後の浮上品の臭素を大幅に除去できた。  
結果は、浮上品で 15.8wtppm、沈降品で 600.9wtppm であった。

(4) サンプル作製設備設置（洗浄粉碎装置、洗浄脱水装置、循環型水流選別装置）

サンプル作製設備を構成する 3 つの装置のうち、洗浄粉碎装置と洗浄脱水装置は既に設置済である。水流選別装置（試験機）は、設置後に問題点を確認したため日本シームにて改良を図り、2019 年 4 月にメーカーにて改良検討を着手し、同年 12 月に再設置後、動作確認を実施した。

#### 【課題と問題点】

(1) 水流選別装置（試験機）の動作安定化

- ①浮上品回収装置の不具合により連続運転時間の仕様未達
- ②上昇水流用のポンプの動力不足により目標分離点 1.05 に対し、最大分離点が 1.03 と未達
- ③洗浄粉碎機投入前の粗選別機の改良に未着手

(2) 高精度シミュレーションの検討による選別精度向上

- ①球形粒子以外の非球形粒子の選別挙動に与える要因検討の追加
- ②シミュレーション結果の水流選別装置へのフィードバック追加

(3) 水流選別装置の前処理と後処理における選別精度の向上

- ①目標分離点 1.05 近辺での異物除去が不足のため押出機のメッシュ目詰まり発生

#### (4) 有害臭素系難燃剤の除去率向上

- ①水流選別装置による削減効果を確認，確実な除去選別には未達

#### 2.1.2. 2019 年度の実施結果

##### (1) 水流選別量産装置の目標仕様と試験機の改良による性能評価結果

目標：水流選別装置（試験機）に改良を加え，連続運転を可能にする。

（目標：年間 2400 時間連続稼働）

目標を達成するために下記の検討を行い，課題を確認した。

##### ①設備の改良

- a. 供給，選別精度，回収の安定化のための改良を行った。
- b. 投入量ベースで約 1t/h の処理が可能となった。
- c. 浮上品回収装置（振動ふるい機）の回収方法が安定的であることが確認できた。
- d. 処理能力試験，連続運転試験の実施により，複数の不具合点を確認した。

##### ②選別比重範囲の拡張（目標：分離点 1.05）

連続運転試験の浮上品を回収し，比重 1.05 の塩水にて確認した。比重 1.05 より大きい樹脂も回収できたため，分離点 1.05 は可能であると判断した。

##### ③選別精度の向上と最適サイズの確定（目標：マテリアル樹脂比率：95%以上）

- a. 粒度違いの確認：5mm，10mm，12mm，15mm の粉碎サンプルを作成し，選別精度，選別能力の検証を行い，5mm 以外の選別精度に大きな差異はみられなかった。
- b. 最適な粒度サイズは 12mm スクリーンでの粒子形状であると判明した。

##### ④分離槽内の水の汚れ等による浮遊性変化の確認・評価

水流選別試験においては，比重の変化は無かった。ただし，泥などの異物が流体に与える影響はあるため今後継続して調査する。操業時は，一定の水を循環水に追加すること，又洗浄プラスチックにより汚染の影響も軽減されると判断する。

##### ⑤既存なると沈殿品回収装置の改良

（粗選別，洗浄粉碎・脱水，繊維質分離等の条件設定）

日本シーム既存機「流選なると（ハリケーン型）」に水流選別装置の沈降品回収装置を取り付け，沈殿品の回収検証を行った。動き始めは，順調に回収できたが，1 度装置を停めて，再起動を試みたところ，配管内に金属片・樹脂等が詰まり，再起動できない問題点を確認した。本件は，2020 年度に引き続き改善検討を行う。

表5 2019年度の改善検討状況のまとめ

仕様項目		目標仕様値	2018年度課題抽出	2019年度検討状況
設備連続運転		2400時間/年	<水流選別機> ・浮上品回収不具合 <粗選別機> ・動作不安定	振動ふるい機で回収可
性能	選別比重範囲	最大分離点 1.05	・最大分離点 1.03 (ポンプ動力不足)	・ポンプの揚程向上 ・大型振動ふるい機
	選別精度	マテリアル樹脂比率 95%以上	・非球形シミュレーション検討 ・粒度違いサンプル作成・実験	・アスペクト比大ほど回収率向上 ・粉碎粒度 Φ8mm～Φ12mm

(2) 水流選別のメカニズム解析と実機の条件設定展開における実施結果

2018年度に明らかとなった課題を解決するために、2019年度は下記の項目に取り組んだ。

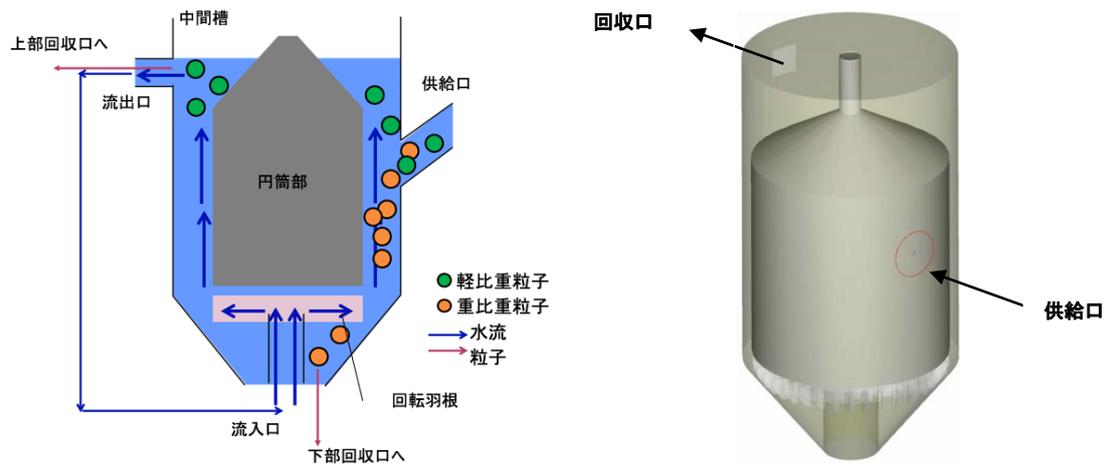
- ①粒子形状が選別精度に与える影響の評価
- ②解析データ結果に基づく水流選別機の選別機構の評価

シミュレーションは2018年度と同様に、離散要素法 (DEM) と数値流体力学 (CFD) を連成した手法を用いた。DEMは、個々の粒子の運動方程式を短い時間刻みにて逐次解析することで、粒子群全体の挙動を解析する手法である。又CFDは、流体の支配方程式である連続の式及びナビエ・ストークス方程式を離散的に解析することで、流体の速度と圧力を解析する手法である。

上記①、②の各項目について実施結果を以下にまとめる。

- ①粒子形状が選別精度に与える影響の評価
  - a. シミュレーション条件及び装置形状のモデリング

実際に選別機に投入する試料のサイズ及び計算負荷の低減の観点から、粒径12mmの球形粒子及びそれと同体積の非球形粒子を対象とした解析から、粒子形状が選別精度に与える影響の定量的な評価を試みた。装置形状とシミュレーションモデルは、図3に示すように前年度に構築した条件とした。



装置概略図

シミュレーションモデル

図3 装置形状のモデル（一点供給モデル）

非球形粒子には、アスペクト比が異なる3種類の扁平な粒子形状を想定した。一例としてアスペクト比が1.5の非球形粒子のモデルを図4に示し、アスペクト比の異なる3種類の非球形粒子の長軸、短軸及び厚みを表6にまとめる。なお比較のため、球形粒子のアスペクト比を1として表記することとした。同じアスペクト比の軽比重粒子と重比重粒子を同体積投入した。表7に粒子形状が選別精度に与える影響の評価におけるシミュレーション条件をまとめる。

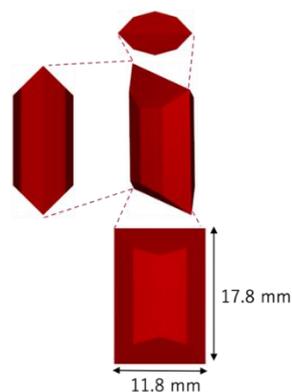


図4 非球形粒子のモデル（アスペクト比=1.5）

表6 粒子の寸法

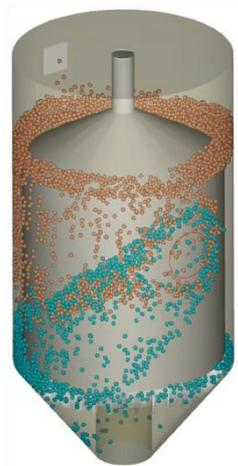
粒子形状	アスペクト比	長軸 (mm)	短軸 (mm)	厚み (mm)
球形	1.0	12.0	12.0	12.0
非球形	1.5	17.8	11.8	7.2
非球形	2.0	21.4	10.6	6.4
非球形	3.0	27.6	9.2	5.6

表7 解析条件 (粒子形状の影響評価)

項目	単位	計算入力値
粒子体積	m <sup>3</sup>	9.05 × 10 <sup>-7</sup>
粒子密度 (軽比重粒子)	kg/m <sup>3</sup>	1026.7
粒子密度 (重比重粒子)	kg/m <sup>3</sup>	1100.0
粒子供給量	kg/h	902.8
流入口流速	m/s	0.343
回転羽根回転数	r.p.m	100
実解析時間	s	30

b. シミュレーション結果

解析から得られた粒子挙動を図5に示す。なお、図中のオレンジ色の粒子が軽比重粒子であり、青色の粒子が重比重粒子である。解析から得られた球形粒子と非球形粒子の挙動は大きく異なることが確認された。球形粒子の解析では、重比重粒子が浮上する現象はほとんど確認されなかったのに対して、非球形粒子の解析では、軽比重粒子の浮上とともに重比重粒子も浮上するような現象が確認された。各条件における浮上産物として回収された粒子量を表8にまとめる。なお、表中の重比重粒子重量割合は、浮上産物として回収された軽比重粒子の重量に対する浮上産物として回収された重比重粒子の重量割合を表している。実解析時間である30秒間に投入された軽比重粒子の重量は2.72kgであり、重比重粒子の重量は2.91kgである。



球形粒子



非球形粒子

(アスペクト比  
=1.5)



非球形粒子

(アスペクト比  
=2.0)



非球形粒子

(アスペクト比  
=3.0)

図5 球形粒子及び非球形粒子挙動の比較

表8 各条件における浮上産物として回収された粒子量

粒子形状	アスペクト比	軽比重粒子 重量 (kg)	重比重粒子 重量 (kg)	重比重粒子 重量割合 (%)
球形	1.0	0.04	0.00	0.00
非球形	1.5	0.48	0.02	3.39
非球形	2.0	0.57	0.20	26.30
非球形	3.0	0.89	0.41	31.54

球形粒子の場合には、実解析時間 30 秒間までに浮上産物として回収された重比重粒子は無く、非球形粒子の場合と比較して軽比重粒子の回収重量が少ないことが確認された。又、非球形粒子の場合には、アスペクト比が大きくなるほど、すなわちより扁平な粒子ほど、浮上産物として回収された軽比重粒子の重量は大きくなり、同時に重比重粒子が混入する量も大きくなることが確認された。浮上産物として回収された粒子の重量の違いは、上昇流から受ける流体抗力が粒子形状によって異なるためであると考えられた。すなわち、より扁平な形状であるほど、流体抗力を受ける面が大きくなるため、上昇流の流れに沿って浮上するためであると考えられた。

## ②解析データ結果に基づく水流選別機の選別機構の評価

### a. シミュレーション条件及び装置形状のモデリング

前年度に構築したモデルを用いて、水流選別機内の粒子選別挙動に影響が大きいパラメータの 1 つである粒子供給量を変化させた解析を実施した。粒子形状は球形を仮定した。装置形状は、図 3 に示すように前年度と同様の形状とした。解析条件を表 9 にまとめる。

表9 解析条件（粒子供給量の影響評価）

項目	単位	計算入力値
粒子径	mm	6.0
粒子体積	m <sup>3</sup>	1.13 × 10 <sup>-7</sup>
粒子密度（軽比重粒子）	kg/m <sup>3</sup>	1026.7
粒子密度（重比重粒子）	kg/m <sup>3</sup>	1100.0
粒子供給量	kg/h	45.09, 90.28, 495.29 675.39, 789.69, 902.80
流入口流速	m/s	0.343
回転羽根回転数	r.p.m	100
実解析時間	s	60

b. シミュレーション結果

解析から得られた粒子挙動を図6に示す。なお、図中のオレンジ色の粒子が軽比重粒子であり、青色が重比重粒子である。粒子供給量が比較的少ない条件では、軽比重粒子だけが浮上産物の回収口へ向かう現象が確認されたのに対して、粒子供給量が多い条件では、軽比重粒子だけでなく一部の重比重粒子も浮上産物の回収口へ向かう現象が確認された。60秒間に浮上産物として回収された重比重粒子の量を評価するために、回収された軽比重粒子の数に対する重比重粒子の数を、重比重粒子の混入割合として表10にまとめる。粒子供給量が495.29kg/h以上の条件で重比重粒子の混入が起こり、粒子供給量が大きくなるほど重比重粒子の混入率が大きくなることが確認された。この原因として、溶媒の見かけの比重の変化が考えられる。表10の結果から重比重粒子が混入する割合が少ない供給量のしきい値の存在が示唆され、それは400-500kg/hの間であると考えられた。



粒子供給量

45.09 kg/h

粒子供給量

90.28 kg/h

粒子供給量

902.80 kg/h

図 6 球形粒子の供給量による挙動の比較

表 10 粒子供給量と重比重粒子混入率

粒子供給量 (kg/h)	重比重粒子混入率 (%)
45.09	0.00
90.28	0.00
495.29	0.06
675.39	2.09
789.69	7.97
902.80	14.00

(3) 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の目標と実施結果

①ハリタ金属 ASR 処理設備での樹脂系の回収フロー見直し（歩留まりの比較）

a. 異物除去の前処理である二次破碎選別による樹脂の回収率（量）と再資源化率（質）の向上を図った。

表 11 に水流選別機投入前の前処理設備の樹脂回収率を前年度（参考）比較で示す。前年度は ASR・重質ダスト（ASR 中≒10.4%）を対象に樹脂回収を実施し、PP・PE 回収率（実績）は約 8.1%であった。

今年度は軽質ダスト（ASR 中≒76.1%）を対象に樹脂回収を実施し、PP・PE 回収率

(見込み) は約 14.5%となり、昨対比で約 6.4%回収率が向上した。

表 1 1 水流選別機投入前の前処理設備の樹脂回収率の比較

項目		今年度	前年度 (参考)	改善度
PP/PE 回収率		14.5% (見込み)	8.1% (実績)	+6.4%
対象 ASR	軽質ダスト	76.1%	—	
	重質ダスト	—	10.4%	

図 7 に ASR・軽質ダストからの樹脂回収二次破碎選別を行う処理工程を示す。



図 7 サンプル作製設備装置の処理工程

②水流選別後の既存設備による異物除去の検討

- 既存の異物除去装置である押出機にて、水流選別機の浮上品中に 4.4%含まれるゴム、PVC を残量 0.4%まで除去可能となった。
- 帯電分離装置にてナイロン等熱硬化性樹脂の除去ができ、同異素材の除去に有効と判断した。
- エアテーブル装置により木片、ゴム等比重の軽い異物を歩留り 88.2%で除去が可能となった。試験条件は、乾式比重差分離装置のデータ収集及び最適条件を適用した。

③水流選別後のレーザーフィルターによる異物除去の検討

- 連続生産の可否を検証するために押出機にレーザーフィルターを装着し確認を行っ

た。

b. 一般的な押出機での連続生産（連続生産とは、ストランドが切れない、ベントアップしない事を言う）は5分未満となり、通常生産は不可と判断するも、レーザーフィルターでは連続生産が可能であった。レーザーフィルターでの連続生産試験（8時間）を行ったところ、ストランドの切れやベントアップの現象等は発生しなかった。

④上記（②，③）のコスト比較の評価の検討

表12に、上記②の押出機と③のレーザーフィルターによるコスト比較を行った。

レーザーフィルターは、押出機の一つのため通常押出機とレーザーフィルターの使用電力及び必要作業員の人件費に大きな差異はなく、ほぼ同一値とした。

比較表のTotalコスト比較よりレーザーフィルターが押出機のコスト比27%と低コストであることがわかった。

表12 2種類の異物除去装置によるコスト比較

乾式前処理コスト

(機械代+ユーティリティ+人件費)

A ゴム除去	10円/kg
B 帯電分離	15円/kg
C エアテーブル	10円/kg

押出機及びレーザーフィルターコスト

(前提条件)

①電気料金	20円/kw	コスト① 4,000円/h
②人件費	2,000円/h	
③押出機 消費電力	100Kw/h	コスト②
④その他ユーティリティ	10円/kg	

	生産量/h	コスト①	コスト②	/kg単価 <((①+②)÷生産量)>
D 通常押出機	80kg (5分毎に網交換)	4,000円	800円	60円/kg
E レーザーフィルター付き押出機	250kg	4,000円	2,500円	26円/kg

Totalコスト比較

押出機	A+B+C+D	95円/kg
レーザーフィルター	E	26円/kg

※1通常押出機の場合上記の乾式前処理が必要となる。

※2レーザーフィルター付きの場合は上記乾式前処理が不要。

(4) 有害臭素系難燃剤 (DeBDE) の分析法の検討に関する実施結果

ASRからのリサイクル樹脂回収を事業化するためには、回収されたりサイクル樹脂中の臭素濃度を定量評価できる分析手法を確立することが必要である。2019年度は、有害臭素系難燃剤 (DeBDE) の同定及び定量検出するための分析手法を検討した。

①DeBDE 原料の調達：

国際臭素協議会から有害臭素系難燃剤である DeBDE の原料粉を入手した。以下の分析手法の検討では、この DeBDE の原料粉を分析対象とした。

②臭素系難燃剤 (DeBDE) の同定法及び定量法の調査：

a. GC-MS (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) の検討

GC-MS (ガスクロマトグラフィー-質量分析法) は、ガスクロマトグラフ (GC) により測定試料を分離し、それぞれの物質を質量分析法 (MS) により同定・定量する分析手法である。DeBDE の原料粉を表 1 3 に示す装置と条件にて分析した。分析から得られたマススペクトルを図 8 に示す。図中の矢印にて示した部分が DeBDE のピーク位置である。マススペクトルは文献値と良好に一致したため、GC-MS によって定性分析は可能であると判断された。

表 1 3 GC-MS 装置及び分析条件

装置 (GC)	7890B (Agilent Technologies)
装置 (MS)	5977B (Agilent Technologies)
GC : カラム	HP-5MS
GC : カラム長さ	30 m
GC : カラム内径	0.25 $\mu$ m
GC : カラム膜厚	0.25 $\mu$ m
試料溶媒	トルエン
試料濃度	958 ppm

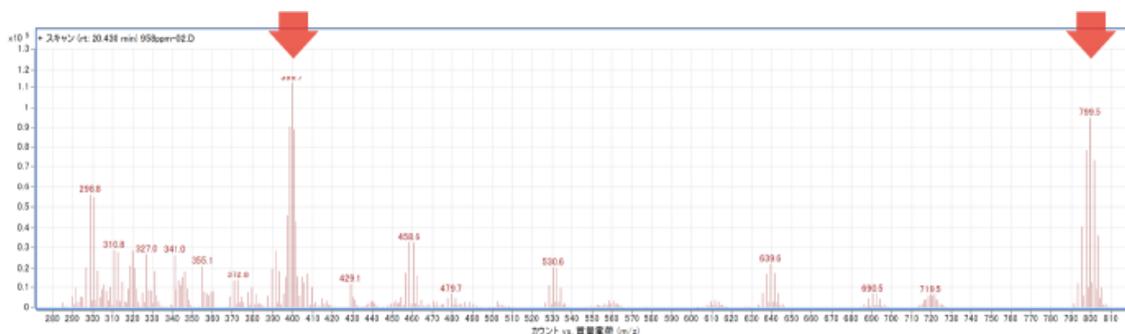


図 8 GC-MS 分析から得られた DeBDE 原料粉のマススペクトル

b. FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) の検討

FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) は、試料に対する赤外光の反射光を測定し、分子構

造及び官能基の情報を得ることで、試料中の物質を同定する分析手法である。FT-IR 分析装置として、Thermo Scientific 製の NICOLET 6700 を使用し、ATR 法にて DeBDE 原料粉を分析した。分析から得られたピークパターンを図 9 に示す。なお、図中の青線部は DeBDE のピーク値を示している。FT-IR による分析では、DeBDE に現れる 950、1350  $\text{cm}^{-1}$  付近のピークが検出された。これにより、FT-IR によって定性分析は可能であると判断された。

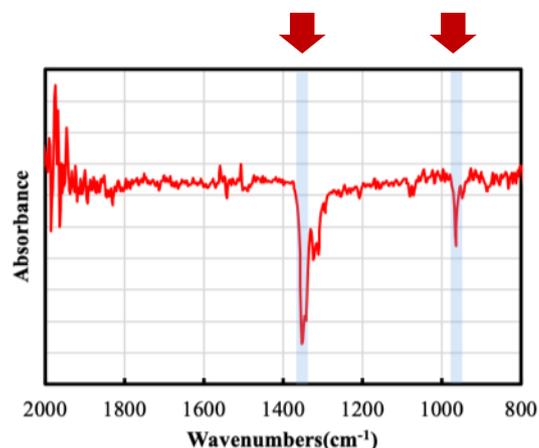


図 9 FT-IR 分析から得られた DeBDE 原料粉のピークパターン

#### c. ラマン分光法の検討

ラマン分光法は、試料中の分子のラマン散乱光を測定し、分子構造及び結晶性の情報を得ることで試料中の物質の同定をする分析手法である。ラマン分光分析装置として、inVia Reflex を使用し、レーザー励起波長 532 nm 及び対物レンズ倍率  $\times 50$  にて DeBDE 原料粉を分析した。分析から得られたピークパターンを図 10 に示す。なお、図中の青線部は DeBDE のピーク値を示している。ラマン分光光度計による分析では、DeBDE に現れる 1350  $\text{cm}^{-1}$  付近のピークが検出された。これにより、ラマン分光法によって定性分析は可能であると判断された。

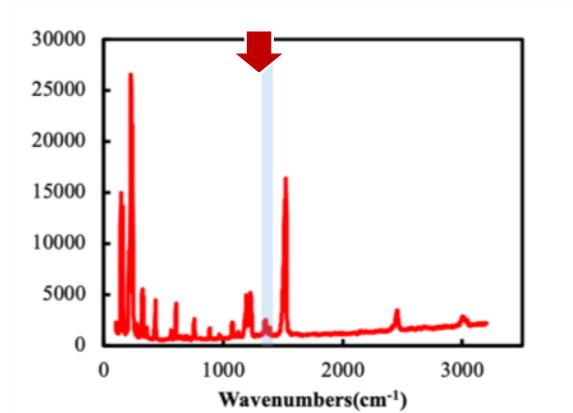


図 10 ラマン分光分析から得られた DeBDE 原料粉のピークパターン

(5) 改良材料の物性評価の目標と実施結果

導入したレーザーフィルターで押出を行い、物性を確認した。

表 1 4 の目標の物性に対して、表 1 5 - 1, 表 1 5 - 2 の物性結果の通り物性の数値を満足した。

表 1 4 サンプル作成目標物性表

目 標 物 性

項 目	単 位	試験方法	品名: アンダーカパー デュファイザー 等	項 目	単 位	試験方法	品名: バッテリーレー エンジンオイルパン 等
MFR	g/10min	JIS K7210	15~25程度	MFR	g/10min	JIS K7210	15~25程度
比重	g/cm <sup>3</sup>	JIS K7112	1.07以下	比重	g/cm <sup>3</sup>	JIS K7112	1.0以下
引張降伏強度	Mpa	JIS K7161 JIS K7162	18以上	引張降伏強度	Mpa	JIS K7161 JIS K7162	18以上
引張破壊伸び	%		10前後	引張破壊伸び	%		15前後
引張伸び率	%		N/A	引張伸び率	%		N/A
曲げ弾性率	Mpa	JIS K7171	1300以上	曲げ弾性率	Mpa	JIS K7171	900以上
曲げ強さ	Mpa		20以上	曲げ強さ	Mpa		25以上
アイソット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	JIS K7110	15以上	アイソット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	JIS K7110	5以上

表 15-1 サンプル物性結果（バッテリートレイ・エンジンオイルパン等ターゲット）

項目	単位	試験方法	測定結果	
			品名:	バッテリートレイ・エンジンオイルパン等ターゲットコンパウンド
MFR	g/10min	JIS K7210	16.21	
比重	g/cm <sup>3</sup>	JIS K7112	0.99	
引張弾性率	Mpa	JIS K7161 JIS K7162	1308.9	
引張降伏強度	Mpa		21.32	
引張破壊伸び	%		20.3	
引張伸び率	%		3.7	
曲げ弾性率	Mpa	JIS K7171	1947	
曲げ強さ	Mpa		36.2	
アイゾット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	JIS K7110	7.62	

表 15-2 サンプル物性結果（アンダーカバー・ディフューザーターゲット）

項目	単位	試験方法	測定結果	
			品名:	アンダーカバー・ディフューザーターゲットコンパウンド
MFR	g/10min	JIS K7210	22.38	
比重	g/cm <sup>3</sup>	JIS K7112	1.00	
引張弾性率	Mpa	JIS K7161 JIS K7162	1378.5	
引張降伏強度	Mpa		21.21	
引張破壊伸び	%		23.9	
引張伸び率	%		3.4	
曲げ弾性率	Mpa	JIS K7171	1987	
曲げ強さ	Mpa		34.1	
アイゾット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	JIS K7110	16.46	

## 2.2. 設備導入内容及び稼働結果

(1) 水流選別装置（試験機）の改良導入  
設備導入無し

(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

表 1 6 に本事業にて構成する各工程ごとの装置名と既存設備の流用、改造、新規導入の開発状況を示す。

表 1 6 設備全体の開発状況

構成	装置名	既存設備、改造、新規導入
本体	水流選別装置（循環型）	既存設備改造
前処理	洗浄粉碎装置	既存設備
後処理	洗浄脱水装置	既存設備
	押出レーザーフィルター	新規導入予定

図 1 1 にレーザーフィルター付押出機を示す。図 1 2 には、レーザーフィルター部の拡大図を示す

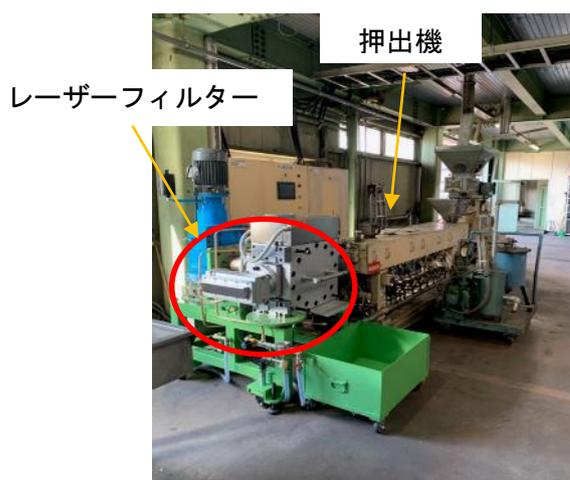


図 1 1 レーザーフィルター付押出機

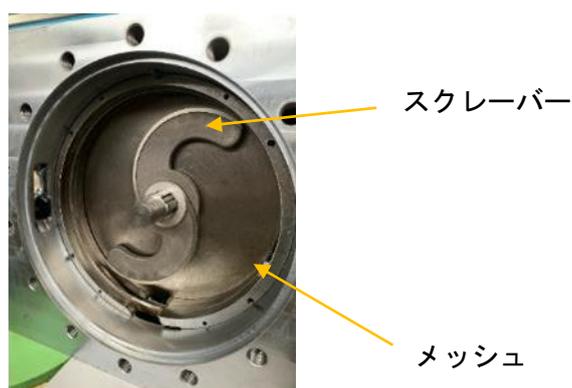


図 1 2 レーザーフィルター

図 1 2 のスクレーパーは、レーザーフィルター前面に配置された回転機である。

レーザーフィルターを装着した押出機の効果は、水流選別後の樹脂をペレタイズ加工する際、メッシュ詰りによるストランド切れが発生せず連続生産を可能としたことである。これは、ナイロン等の熱硬化性樹脂はメッシュに引掛かるが、スクレーパーの回転力により装置外に除去され、目詰まりを解消できるからである。

単位時間あたりの吐出量 250kg/h で 8 時間の連続運転を実施した。運転中は、メッシュ詰まり/ベントアップ/ストランド切れ/機械停止等のトラブルは、起きず連続運転を行うことができた。

## 2.3. 実施結果を踏まえた考察

### 2.3.1. 水流選別装置（試験機）の改良及び量産装置の実施結果を踏まえた考察

- ・ 水流選別装置の供給装置，浮上品回収装置，沈殿品回収装置の改良により，1t/h 処理は問題なく稼働できた。
- ・ 処理量 1t/h 以上の量産機を製造しようとする，装置全体の構成を再度見直す必要性が出てしまうため，時間 1 t 以上を処理する量産機は製作しないこととした。

### 2.3.2. 水流選別のメカニズムの解析による実機への展開の実施結果を踏まえた考察

#### (1) 粒子形状が選別精度に与える影響の評価

粒径 12mm の球形粒子及びそれと同体積の扁平形状を有する非球形粒子を対象とし，それぞれの形状で密度が異なる粒子群の装置内の選別挙動を解析したところ，扁平度が大きい粒子であるほど，浮上産物として回収される軽比重粒子が多くなるとともに，重比重粒子も浮上産物として回収される結果が得られた。粒子形状の違いによって，水流選別機内の選別挙動が大きく異なることが確認された。従って，シミュレーション結果の実機への展開のためには，扁平な形状を有する非球形粒子の解析が必要であると考えられた。

#### (2) 解析データ結果に基づく水流選別機の選別機構の整理

水流選別機内の粒子選別挙動に影響を与える因子は種々あると考えられる。粒子供給量をパラメータとした解析結果から，粒子供給量が大きくなるほど，浮上産物として軽比重粒子の回収量が増える一方で，重比重粒子も混入してしまうことが明らかになった。したがって，浮上産物として重比重粒子が混入する粒子供給量のしきい値の存在が示唆され，そのしきい値は粒子供給量が 400-500kg/h の条件であると考えられた。

### 2.3.3. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の実施結果を踏まえた考察

粉碎洗浄機の故障を避けるための異物除去とマテリアルリサイクルに影響があり，水流選別で除去が困難である異物の除去について考察する。

#### (1) 金属類の除去（粉碎機の故障要因除去）

洗浄粉碎・脱水前に粗選別を行う日本シーム製「流選なると（ハリケーン型）」粗選別機を図 13 に示す。既存の日本シームテスト機で実験したところ，浮上品（硬質プラスチック類）は問題なく回収できるが，既存のスクリーコンベアでは，沈殿品が詰まってしまう現象が生じた。今年度，水流選別装置で開発した沈殿品回収装置を搭載し，スクリーコンベアの代わりに沈殿品の回収テストを実施した。動き始めは，順調に回収できたが，1 度装置を停めて，再起動を試みたところ，配管内に金属片・樹脂等が詰まり，再起動できなかった。

改善のために，量産プラントでは沈殿品の排出口径を現在の  $\phi 200$  から  $\phi 300$  に変更する。



図 1 3 流選なると粗選別機

## (2) 繊維類の除去（マテリアルリサイクルの影響要因除去）

振動ふるい機のスクリーンメッシュで繊維系の回収が可能である。

前年度は選別試験未実施であった ASR・軽質ダスト（以下、軽質ダスト）の二次破碎選別試験（縦型破碎選別ライン）により、軽質ダスト中から 30.5%の混合樹脂を回収することができた。この混合樹脂を湿式選別工程に投入し樹脂回収を実施した結果、ASR 全体での PP・PE 回収率は約 14.5%（見込み）となり、昨対比で約 6.4%回収率が向上する可能性が示唆された。

軽質ダストはウレタン、スポンジ、布等を多く含んだ ASR であり、その外観から回収対象である PP・PE 樹脂は多く含まれていないと考えられたが、今年度の試験結果より当初の想定以上に多くの混合樹脂が軽質ダスト側に含まれていることが判明したため、軽質ダストの二次破碎選別フローの追加は ASR のマテリアルリサイクル率向上には有効であると考えられる。

又、回収された混合樹脂については、前年度重質ダストから回収した樹脂と比較すると木屑・ゴム類等の異物混入が極めて少ないため、帯電分離やゴム取り等の特別な前処理工程を施さずとも、湿式洗浄粉碎及び水流選別工程に直接投入することで概ね PP・PE 樹脂として回収可能であると考えられる。

コスト・生産性を考慮し、レーザーフィルター装置を活用することで、「なると」で除去しきれなかった異物（ゴム類・ナイロン類・木片類等）が混在した材料を連続押出生産が可能か検証を行う。

### 2.3.4. 有害臭素系難燃剤（DeBDE）の同定及び定量検出法の検討の実施結果を踏まえた考察

実施結果に示したとおり、国際臭素協議会から有害臭素系難燃剤である DeBDE の原料粉を入手することができたため、DeBDE 原料粉を対象とした検討を実施することができた。GC-MS, FT-IR, ラマン分光法のいずれの分析手法によっても、DeBDE 原料粉の同定及び定性分析が可能であると判断された。原料粉そのものの同定及び定性分析結果をもとに、選別品中

の微量な DeBDE の定量検出法の確立が求められる。

### 2.3.5. 改良材料の物性評価の実施結果を踏まえた考察

表 17 に前年度と本年度における水流選別品の材料物性の評価結果を処理工程の違いでまとめた。連続量産性とコストの面からレーザーフィルター品を選択した。しかし、表 14 で示したサンプル目標物性値を満足することができず、かつ元材の組成の影響により物性の振れ幅が大きくなると考察される。結論として、ASR を水流選別したものの単体では、製品の原料にすることは不可能であると判断した。

そのため表 18 に示す自動車用バンパー、輸送用パレットの適量配合を行い、目標物性になることが可能か検証した。その結果、表 19 に示すように水流選別からの ASR 由来品の配合は⑤と⑧が物性仕様に（ターゲット：バッテリートレイ・エンジンオイルパン等）適合した。

ASR はロット毎（今回の検証ではロット単位は 1t とした）に物性のブレが非常に大きい。そのためロット毎に元材の物性を測定し、その物性結果を基に目標物性を満たす配合の検討及び組み替えの必要があると判断する。

表 17 改良材料の物性表

物 性 表

2018年度との比較

協和産業株式会社

項 目	全ての前処理を行ったASRの押出し結果		前処理はゴム除去のみ	前処理無し
	なると2018	なると2019	なると2019 既存ゴム取り後物性	なると2019 レーザーフィルター品
MFR	21.62	20.67	13.81	12.12
比重	0.99	0.98	0.98	0.98
引張弾性率	1187.3	1284.7	1206.0	1364.7
引張降伏強度	27.53	24.28	18.35	18.50
引張破壊伸び	11.7	20.4	11.2	8.6
引張伸び率	3.7	4.1	4.3	3.7
曲げ弾性率	2643	2231	1381	1580
曲げ強さ	47.7	38.0	29.0	31.8
アイゾット衝撃強度	5.46	7.34	5.50	4.80

表 1 8 製造樹脂の配合表

①	なると (ASR)	30 %	バンパー	40 %	パレット	30 %
②	なると (ASR)	30 %	バンパー	30 %	パレット	40 %
③	なると (ASR)	40 %	バンパー	30 %	パレット	30 %
④	なると (ASR)	50 %	バンパー	40 %	パレット	10 %
⑤	なると (ASR)	30 %	バンパー	60 %	パレット	10 %
⑥	なると (ASR)	30 %	バンパー	50 %	パレット	20 %
⑦	なると (ASR)	30 %	バンパー	70 %	パレット	0 %
⑧	なると (ASR)	20 %	バンパー	80 %	パレット	0 %

表 1 9 配合による物性結果

項 目	単 位	測 定 結 果							
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
MFR	g/10min	10.54	8.67	9.85	13.29	16.21	13.21	20.16	22.38
比重	g/cm <sup>3</sup>	0.98	0.96	0.97	0.99	0.99	0.98	1.00	1.00
引張弾性率	Mpa	1207.4	1223.5	1188.1	1230.2	1308.9	1294.9	1354.8	1378.5
引張降伏強度	Mpa	23.1	24.13	23.07	21.02	21.32	22.08	20.21	21.21
引張破壊伸び	%	30.6	29.4	28.3	25.7	20.3	22.3	20.9	23.9
引張伸び率	%	4.2	4.2	4.2	3.8	3.7	3.7	3.7	3.4
曲げ弾性率	Mpa	1922	1912	1852	1792	1947	1942	1867	1987
曲げ強さ	Mpa	38.7	39.9	38.1	34.7	36.2	37.7	33.8	34.1
アイゾット衝撃強度	KJ/m <sup>2</sup>	6.96	7.58	7.19	6.29	7.62	7.55	11.66	16.46

### 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（試験機）の改良及び量産装置の現状の課題

###### (1) 水流選別装置に改良を加えた連続運転の実現

###### a. 金属除去のための課題

- ・沈殿品回収装置の配管に金属・重プラ類が詰まり安定した回収ができないためポンプ動力の最適化により配管内の流量増を図る。

###### b. 繊維類の除去のための課題

- ・振動ふるい機のメッシュサイズを目開き 0.1mm から 1mm に拡大し、繊維質をメッシュで回収でき、浮上品の品質向上を確認できたが、今後の回収安定性を検証する。

###### (2) 選別精度の向上（目標：マテリアル樹脂比率：95%以上）

- ・粒度違いの確認では、粒度 5mm のみ重プラが沈殿せず浮上した。これは、粒度の異なる粒子を混在させると分離精度が低下することを示唆している。
- ・粒度域ごとの最適な上昇水流速度の決定

ASR を 8mm, 10mm, 12mm, 15mm, 20mm のスクリーンを使用して作成した ASR 粉砕サンプルを用いて、粒度別選別試験を実施した。

上昇水流の流速（ポンプ回転数）は、全部で 4 パターン（①約 1260r. p. m ②約 1440r. p. m ③約 1630r. p. m ④約 1680r. p. m）行った。それぞれのパターンで「浮上品回収率」と塩水を用いて回収した浮上品の中の「比重 1.05 での浮上品率」を測定した。

「浮上品回収率」は、通常ポンプの回転数を上げる程、浮上品割合が増える傾向になるが、8mm 粉砕品のみ結果にばらつきが散見された。8mm 粉砕品はシャープな分離に不向きであると考えられる。図 15 に比重 1.05 の浮上品率を示す。

「比重 1.05 の浮上品率」は、12mm 以外の粉砕品は、選別精度でブレが生じた。特に、粒径の大きな 20mm 粉砕品は、アスペクト比が大きい（扁平形状）ものの割合が多い。上昇流が大きくなると流体から受ける断面積が小さくなる姿勢をとるため浮上品率が低下したと考える。本実験結果からポンプの回転数に対して安定した浮上率となった形状は 12mm であり、これ以外は分離に不適切だと考える。

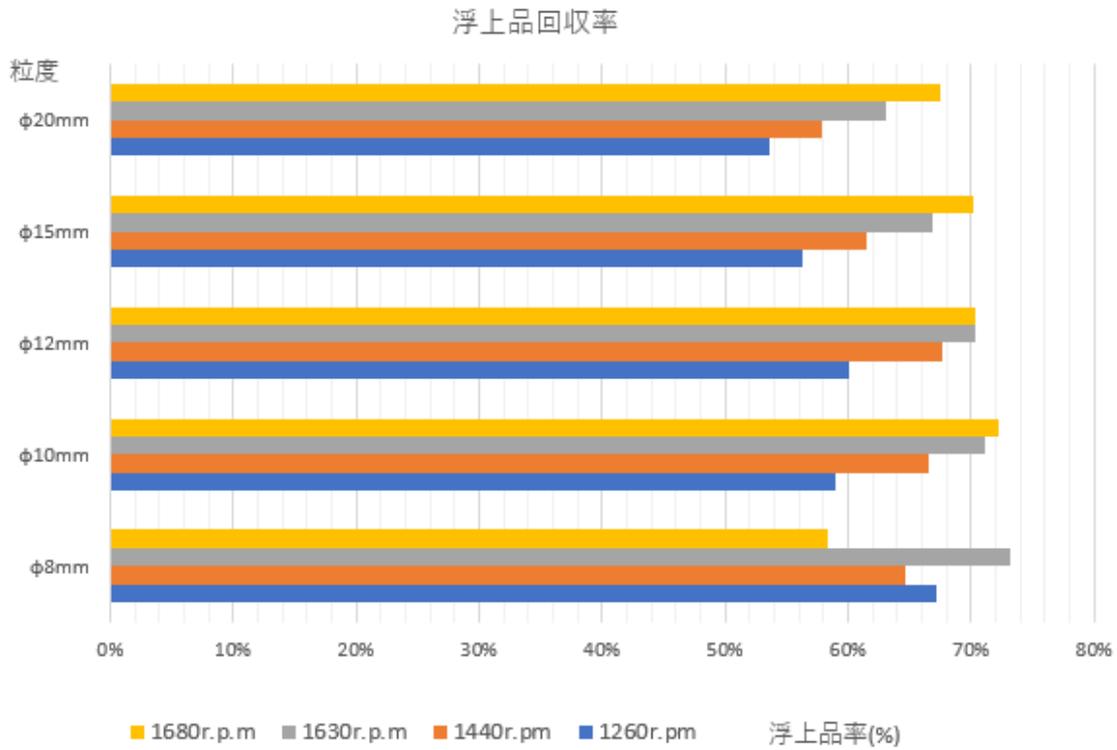


図 1 4 粒度違いによる浮上品回収率

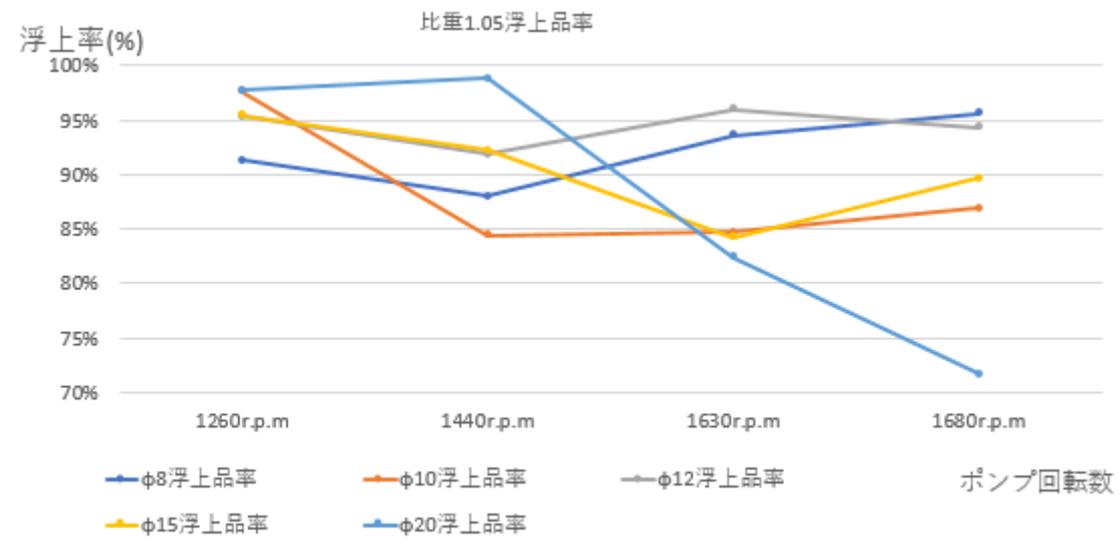


図 1 5 ポンプ回転数と比重 1.05 の浮上品率

(3) 分離槽内の水の汚れ等による浮遊性変化の確認・評価

水流選別機の水は循環水であり、使用しても汚れによる水比重の変化はなかった。このことから水の汚れによる選別精度の低下は少ないと考える。

(4) 既存の水流選別機（なると）の沈殿品回収装置の改良

- ・ 沈殿品回収装置用に開発したリングポンプと振動ふるい機を導入する。

このリングポンプと振動ふるい機による動作試験を行った。動作開始時は、問題ないが、一度停めて再起動すると配管内に金属片・樹脂等が詰まり、動作停止となった。このため配管の排出口径をΦ200 からΦ300 に拡大して確認する。

(5) 各工程の確定詳細

水流選別装置の投入から浮上品回収と沈殿品回収による選別サイクルを構成する主要装置に関して図解にて示す。

・ 供給装置

縦スクリーニング機

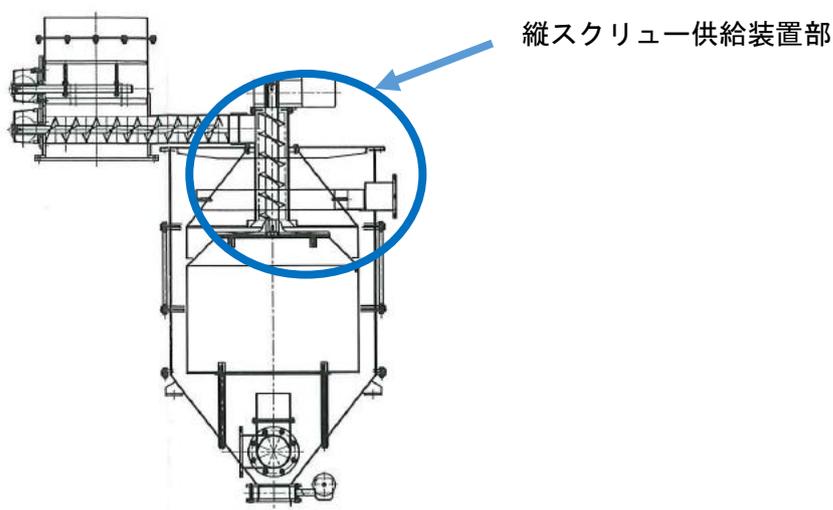


図16 縦スクリーニング機

- ・ 分離槽  
外周排水ガイド

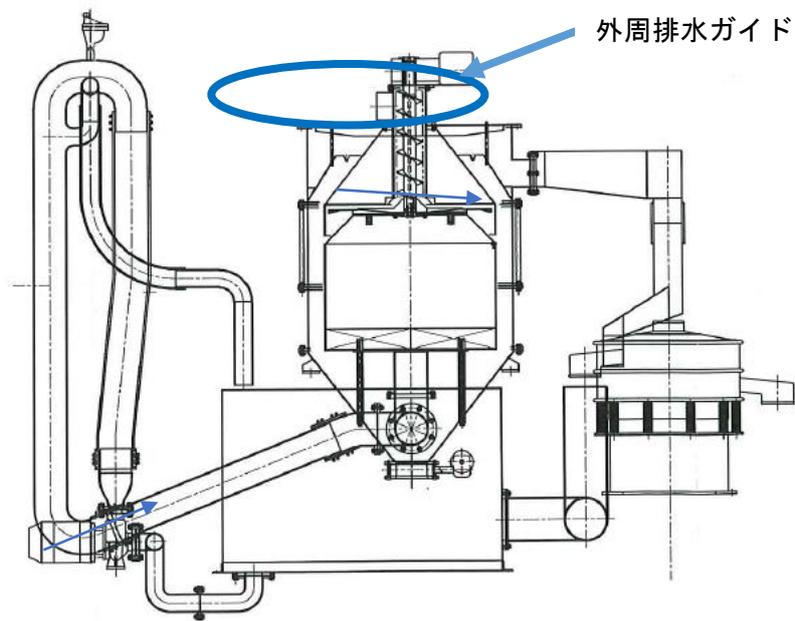


図 1 7 分離槽の外周排水ガイド

- ・ ポンプ  
斜流ポンプ

水切り配管

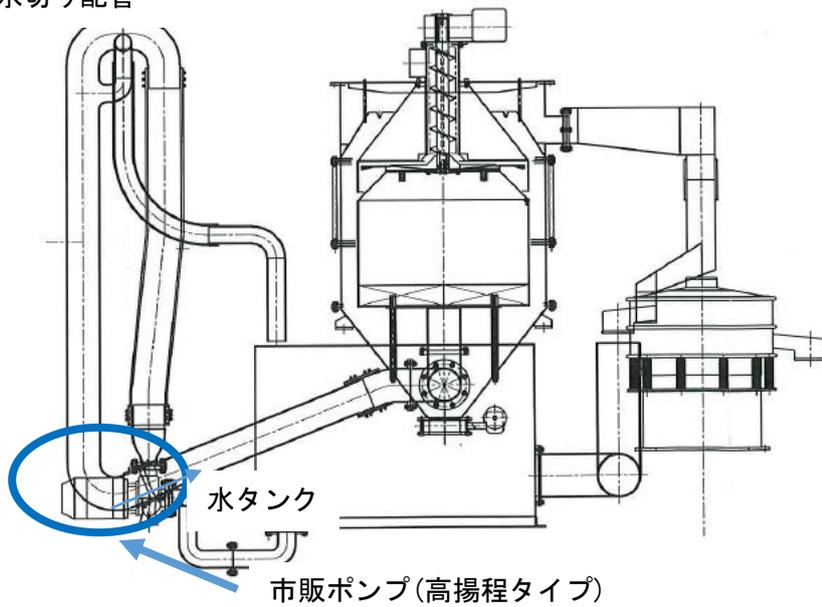


図 1 8 水流供給の斜流ポンプ

- ・ 浮上品回収装置  
振動ふるい機

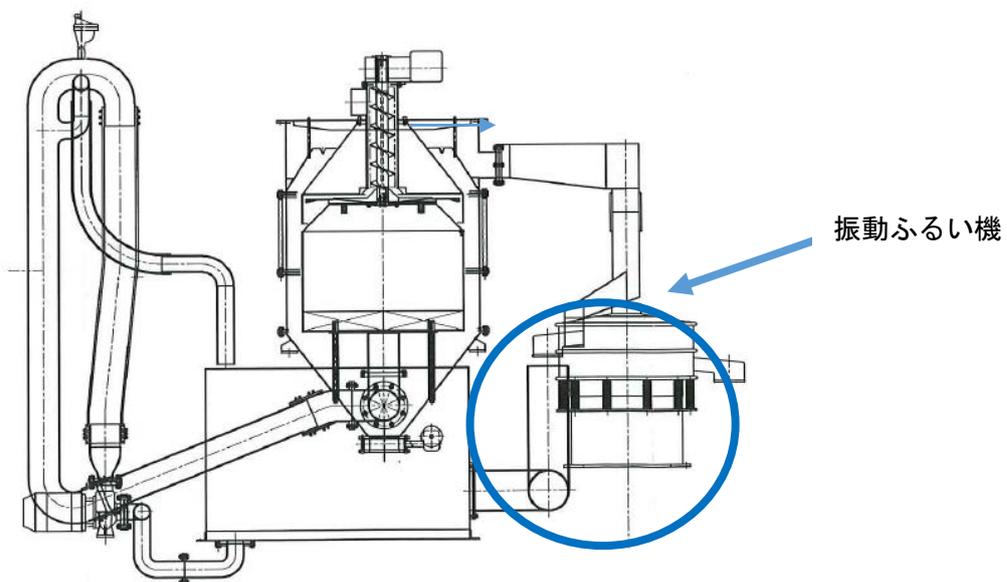


図 19 浮上品回収用振動ふるい機

- ・ 沈殿品回収装置  
水流回収装置（リングポンプ+振動ふるい機）

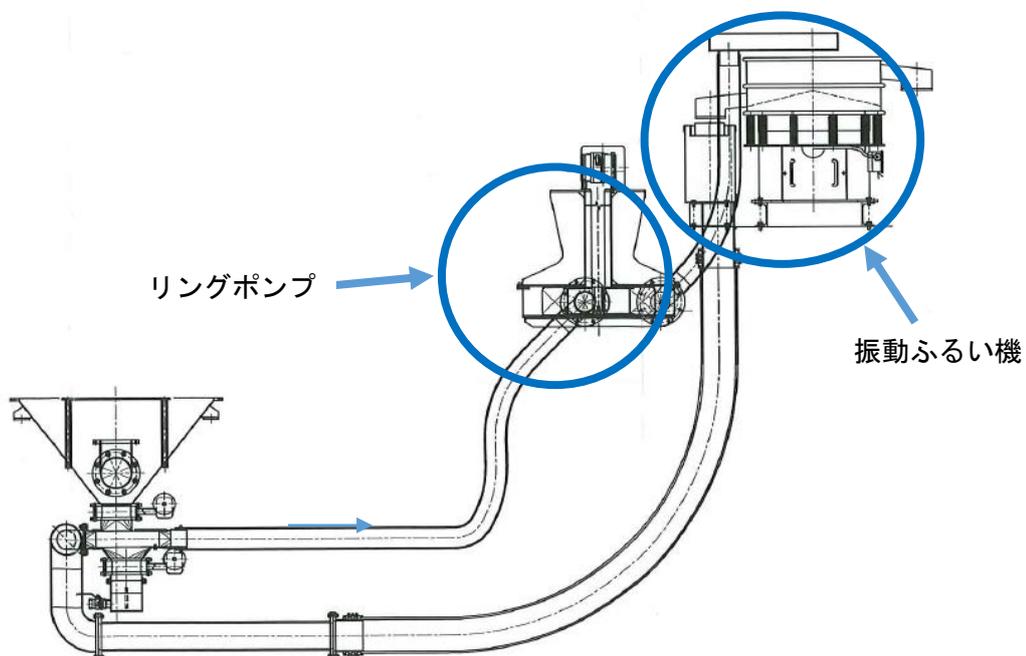


図 20 水流回収装置

### 3.1.2. 水流選別メカニズムの解析による実機への展開の現状の課題

#### (1) 粒子形状が選別精度に与える影響の評価と実機への条件設定の展開

粒子形状が選別機内部の挙動に与える影響を評価するために、非球形粒子を対象とした解析に着手し、一定の結果を得ることができた。しかしながら、非球形粒子の挙動解析の計算には、莫大な負荷がかかるため、より多くの条件での解析を実施し、系統的な評価をするためには計算負荷を低減させる検討が必要である。又、実機に適用された供給口及び供給方法の改良内容を反映した形状モデルでの影響評価、実試料の形状を十分に反映できていない等の課題も残った。

#### (2) 解析データ結果からの水流選別機の選別機構の検討

粒子供給量をパラメータとした解析により、選別に適した運転条件の指針に資する知見が得られたが、装置形状の改良効果の定量的な評価には至っていない。又、重比重粒子と軽比重粒子の供給割合が選別精度に与える影響を評価できていない等の課題が残った。

### 3.1.3. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の現状の課題

#### (1) ハリタ金属 ASR 処理設備での樹脂系の回収フロー再検討（歩留まりの比較）

ASR を構成する軽質ダスト、重質ダストより、前処理工程で金属等の異物除去を行い、次工程の水流選別装置にて浮上品として樹脂を回収し、高品質でかつ回収率を向上させる装置全体の能力向上を図る。

#### (2) 水流選別後の既存ラインにおける異物除去の検討

- a. 協和産業所有のエアテーブル装置で、発砲系樹脂・木片・綿・繊維類はほぼ除去可能である。しかし、これら異物類の除去のためだけに 10 円/kg の追加コストが掛かってしまい、コスト増の大きな要因となる。能力は 300kg/h である。
- b. 協和産業所有の帯電分離装置で、熱硬化性樹脂（ナイロン等）はほぼ除去可能である。帯電分離機の能力は 300kg/h。しかし、熱硬化性樹脂の除去に 15 円/kg の追加コストが掛かり、コスト増の大きな要因となる。
- c. 協和産業所有のゴム除去装置で、ゴム類の除去が可能との結果を得る。能力 200kg/h となるが、ゴム類の除去の為に 10 円/kg の追加コストが掛かり、コスト増の大きな要因となる。

#### (3) 水流選別後のレーザーフィルターによる異物除去の検討

なるとにて浮上した ASR に前処理（帯電分離・エアテーブル・ゴム除去）を行わず、そのままレーザーフィルターで押し出し可能かの検証を行った。結果、ストランドが切れることなく、連続生産が可能である結果を得た。

#### (4) 異物除去の課題

異物除去方法の上記(2)(3)のトータルコスト比較の結果、表12より(3)のレーザーフィルターのコストメリットが大きく、結論として、品質については他樹脂の配合により物性をクリアでき、異物除去の課題を解消できた。

### 3.1.4. 有害臭素系難燃剤(DeBDE)の挙動の確認の現状の課題

DeBDE原料粉の同定及び定性分析には、GC-MS、FT-IR、ラマン分光法のいずれの分析手法も適用可能であると判断されたが、選別品中に微量に含まれるDeBDEの同定や検出法の確立には至っていない。

### 3.1.5. 改良材料の物性評価の現状の課題

2.3.5.の項目の改良材料の物性評価の実施結果を踏まえた考察に記述したとおり、今回の検証に使用した元材では下記の2種類の配合で製品原料の調合を行うことで販売可能である。元材の物性の振れにより最終製品の物性を安定させるには都度配合の検討が必要との判断に至る。(表19より抜粋)

⑤	なると(ASR)	30%	バンパー	60%	パレット	10%
⑥	なると(ASR)	20%	バンパー	80%	パレット	0%

## 3.2. 課題の解決方法及び今後の実証事業における検討内容

### 3.2.1. 水流選別装置(試験機)の改良及び量産装置の現状の解決方法

#### (1) 粗選別の課題の解決方法(既存水流選別機の改良)

##### a. 粗選別の課題の解決方法(既存水流選別機の改良)

流選なると(ハリケーン型)の活用では、沈殿品の配管詰まりが発生した。このためポンプ仕様の変更とスクリーコンベアへ仕様を変更する。ただし、配管詰まりの解決のため排出口径をφ200からφ300へ変更した。結果、詰まり現象は解消された。

##### b. 繊維分離の課題の解決方法

・浮上品回収装置の振動ふるい機のメッシュサイズの拡大による目詰まり防止効果の検証を行い、メッシュサイズを目開き0.1mmから1mmに変更した。結果、水切れが良くなり、循環水の減少問題は解消された。又、繊維質がメッシュで回収できるようになり、浮上品の品質向上にもつながった。振動ふるい機は、現状φ700であるが、1t/hの処理量を8時間目詰まりせず連続運転が可能となった。安定動作のためφ700からφ1200と大径サイズに換装し、繊維の詰まりが発生しても動作可能であることを確認する。又、安定的に活用可能な水流速度[980ℓ/min]が得られるか能力向上効果を確認する。

##### c. 沈降品回収装置の課題の解決方法

・リングポンプの動力不足に起因していると考え、モータ出力を2.2kwから5.5kwに変更した。その結果、沈殿物による目詰まり無く連続運転が可能になった。一方、モータ出力増加により消費電力は増加するが、装置の稼働率が向上し、高い生産性を実現でき

る。

(2) 選別比重範囲の拡張（目標：分離点 1.05）の課題の解決方法

浮上品回収装置の振動ふるい機のサイズをφ700 からφ1200 と大径に変更して、水処理能力を増強するとともに、ポンプの回転速度を増速する。又、流量能力の高いポンプに換装して選別能力の改善を確認した。表 20 に結果をまとめる。

表 20 ポンプの動作条件と選別精度の改善結果

項目	改善前（前年度）	改善後
ポンプ排出流量（ℓ/min）	約 500	約 980
ポンプ回転数（r.p.m）	約 1000	約 1630
結果（選別比重分離点）	1.03	1.05

(3) 選別精度の向上（目標：マテリアル樹脂比率：95%以上）

粒度による分離精度の確認：図 14 の結果よりポンプ回転数の変化による安定度と分離精度の良好な条件は、表 21 に示す条件である。

表 21 各粒度の最適水流速度と分離精度

粉碎粒度	8mm	10mm	12mm	15mm	20mm
ポンプ回転数（r.p.m）	-	-	約 1630	-	
分離精度	-	-	1.05	-	

(4) 分離槽内の水の汚れ等による浮遊性変化の課題の解決方法

- a. 今回の実験では、水流選別試験装置を循環する水比重の変化、分離精度への影響を検証したが、その影響は無かった。今後、引き続き量産設備において水質による選別精度の確認を行う。量産設備運営上の解決策として、使用した水を定期的に半分程度新鮮な水と入れ替える方法を採用することにより安定した選別精度を維持できると考える。
- b. 又、実機では事前に流選なると（ハリケーン型）も使用するため、より洗浄されたプラが投入されるので、水の汚れによる比重への影響は制御できる。

(5) 既存なると沈殿品回収装置の改良の課題の解決方法

- a. リングポンプと振動ふるい機を導入し、課題を解消する予定だったが、再起動時に配管

内に詰まりが発生し、課題解消ができなかった。課題解決のために、量産プラントでは沈殿品の排出口径を現在のφ200からφ300に変更し、動力もアップしたスクリーコンベアで回収する予定である。

b. 解決方法は、ふるい機のメッシュサイズの拡大による目詰まり防止効果の検証を行い、メッシュサイズを目開き0.1mmから1.0mmに変更した。結果、水切れが良くなり、循環水の減少問題は解消された。又、繊維質がメッシュで回収できるようになり、浮上品の品質向上にもつながった。

### 3.2.2. 水流選別のメカニズムの解析による実機への展開の解決方法

#### (1) 非球形粒子の選別精度に与える選別挙動解析と実機への条件設定の展開

実機の条件での選別精度向上に資する解析を推進するため2020年度は下記の検討を行う。

a. 非球形粒子を対象とした解析では、実試料の計測とその形状モデル化を行い、選別精度に与える影響を評価する。

b. 本解析での粒子供給方法は、1箇所の供給口である。このため実機を反映して円周供給口のモデルを作成し検証を行う。

#### (2) 解析データ結果から水流選別機の選別機構の検討

量産設備の総合的な選別精度へ資する条件の解析を行う。これは、装置形状、実粒形状のばらつき、供給量等の主要因子を考慮して解析を行い、(1)(2)により解析の技術検証を行う。

### 3.2.3. 装置全体の選別能力及び異物除去の前後処理への対応の解決方法

#### (1) ハリタ金属 ASR 処理設備での樹脂系の回収フロー見直し（歩留まりの改善）

今後の課題である水流選別浮上品から回収するPP・PE樹脂の高品位化及び回収率向上化のための事前異物除去の効率化に取り組む。具体的な手段は以下のとおりである。

a. 重質ダストの二次破碎選別工程追加（堅型破碎機による二次破碎ならびに磁力選別、渦電流選別、風力選別工程の追加）

b. 風力選別工程の多段化による比重選別の高効率化（回収樹脂の品位及び回収率向上）

(2) 水流選別後の異物除去の検討によりレーザーフィルター付押出機の仕様を確定した。今後は、量産設備にて安定した量、品質を維持するための実験検証により本設備仕様を決定する。

### 3.2.4. 有害臭素系難燃剤（DeBDE）の挙動の確認の解決方法

選別品中に微量に含まれるDeBDEの同定や検出法の確立のためには、定量分析法を確立すること、あるいは定性分析における検出下限のデータの取得が必要である。DeBDE原料粉をもとに、定量分析法や定性分析における下限値の検討を進める。又、有害臭素系難燃剤であるDeBDEを含有した実際の自動車部品を入手し、それらを対象とした分析試験を実施することで、各分析法の有用性を検討する必要がある。実プロセスにおいて求められるDeBDE

の含有量のしきい値の評価に必要な精度をもとに、分析方法の仕様等の検討を進める。

### 3.2.5. 改良材料の物性評価の解決方法

2.3.5. の考察で記述の通り、ASR を水流選別で選別したものの単体では、製品の原料にすることは不可能でバンパー及び輸送用パレットを配合することで目標の物性になることが可能となり課題は解決した。

## 3.3. 来年度以降の助成事業展開

### 3.3.1. 想定する事業の内容

弊社にて実機を導入し、ASR からのマテリアルリサイクル樹脂事業を展開する基盤作りを行う。それに伴って必要な事業内容を記述する。

#### (1) 水流選別装置システムの導入

水流選別装置システムは、供給、分離、回収（浮上品と沈殿品）の4つの装置と分離槽内に水流を発生するポンプが主構成要素である。装置構成を図21に示す。

- ・供給装置（縦スクリー供給機）
- ・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）
- ・沈殿品回収装置（リングポンプ+振動ふるい機②）

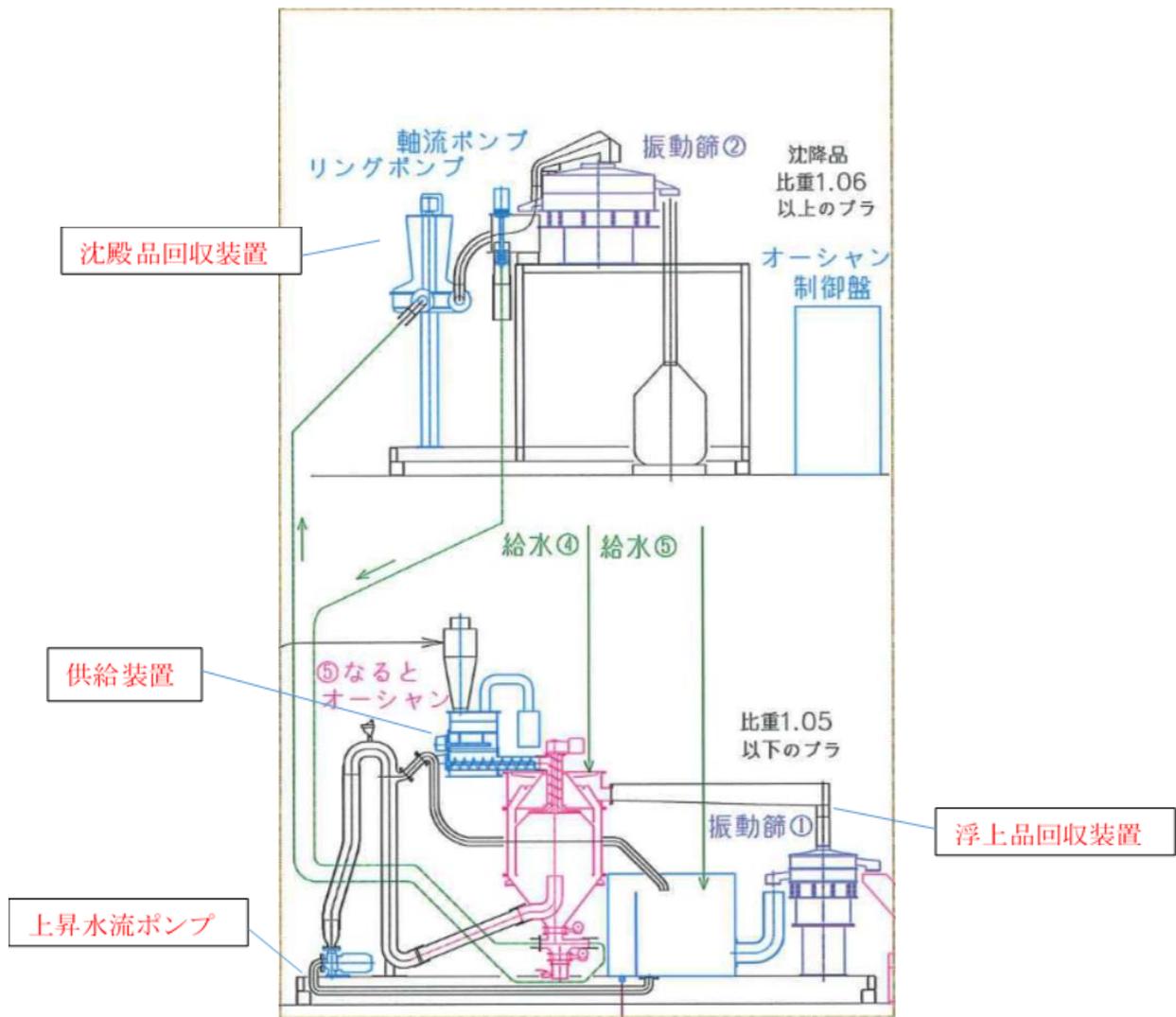


図 2 1 水流選別装置のシステム詳細図

## (2) 2021年度の事業展開についての選別樹脂の販売先検討

本事業の実証試験は、2020年度で終了する。2021年度より量産事業としてスタートする。表23の用途別に、各顧客の要求する材料特性の仕様を満たすかの調査を最優先し、単価、供給量を含めた販売検討を行う。販売可能数量は、協和産業の年間生産量に依存する。下記の用途の展開を視野に同じくサンプル提供と評価計画を策定する。

表23 選定樹脂の販売量と単価（使用用途により、物性/配合が異なる）

用途	適用例	販売可能数量 (t)	単価（円/kg）	
			下限	上限
物流資材	パレット, コンテナ等	20	30	70
建材	雨水貯留槽, 擬木, かわらざん等	20	30	50
文具	下敷き, シャーペン等	10	20	50
雑貨	百円均一プラ	10	20	30
家電	冷蔵庫霜取りトレイ, スピーカーグリル部品, 洗濯パン	10	30	60
自動車	アンダーカバー, オイルパン等	30	40	100

## (3) 回収樹脂の組成把握検討

選別した樹脂材料の組成情報を把握し、報告を行う。

## (4) 水流選別の実機のメカニズムの技術検証

水流選別機の比重選別精度向上のために、引き続きシミュレーションによる水流選別機内の粒子挙動解析及び解析データからの水流選別機の選別機構の検討に取り組む。

実機の装置スケールや操業時間での解析は、現在の計算機性能では困難である。

そのため、ラボ機での解析を対象とし、実験と比較することでシミュレーションの妥当性の検証を行う。

具体的な取り組みは下記の項目を想定している。

- ・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（1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

### 3.3.2. 導入設備の内容

図22に本事業で導入する全設備の全体工程図を示す。

ASR投入からPP, PE製品回収までの全工程に関し前工程, 水流選別機, 後工程で構成する各装置の概略図を示したものである。

2019年度に仕様決定した各装置を2020年度前半までに設置する。本設備は, 連続稼働のために機械式コンベアによる自動搬送式であり, 電力設備, 配管, 循環水の管理含め実働試験にて総合的な品質と生産性の検証を行う。

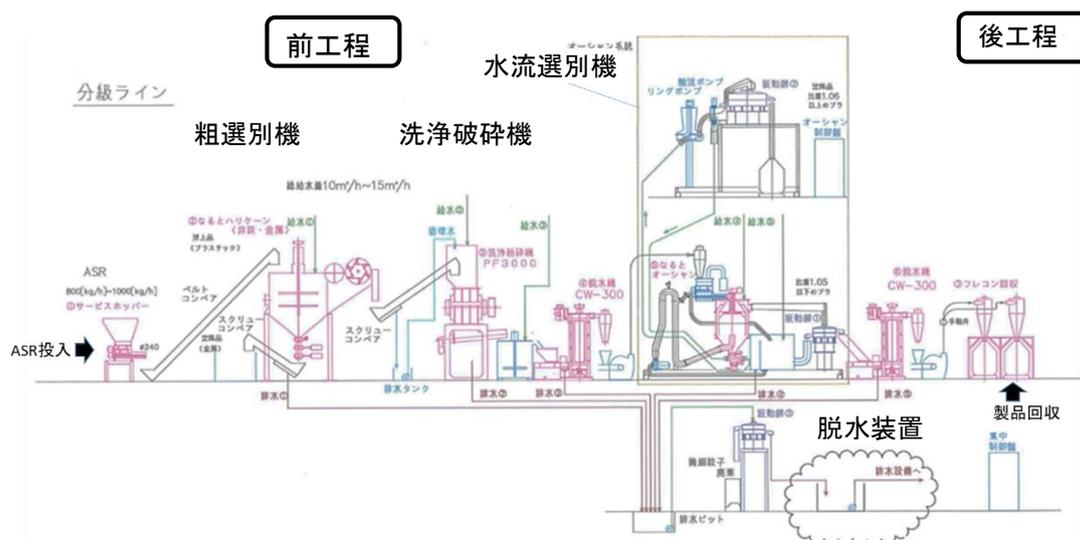


図 2 2 導入設備の全体工程図

### 3.3.3. 事業の実施体制

ハリタ金属を代表事業者として、本年度と同様の4社と共同で事業を実施する。次年度の実施体制及び役割を図21に示す。

日本シームは、2年間の実証結果で得た量産機の条件を基に量産設備を製造し、設置を行う。

協和産業は、量産設備から製造されたリサイクル樹脂の調合を行い、量産された製品の物性が安定しているか継続して評価/検証を行い販売先の模索を行う。今年度も流系シミュレーションを担当した早稲田大学理工学術院・所千晴教授は、水流選別の技術的裏付けを行うためにシミュレーションを引き続き実施する。

そして、今年度同様に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エコメビウスと、日本自動車工業会のアドバイスを受けて、2020年度も実証事業を推進する。

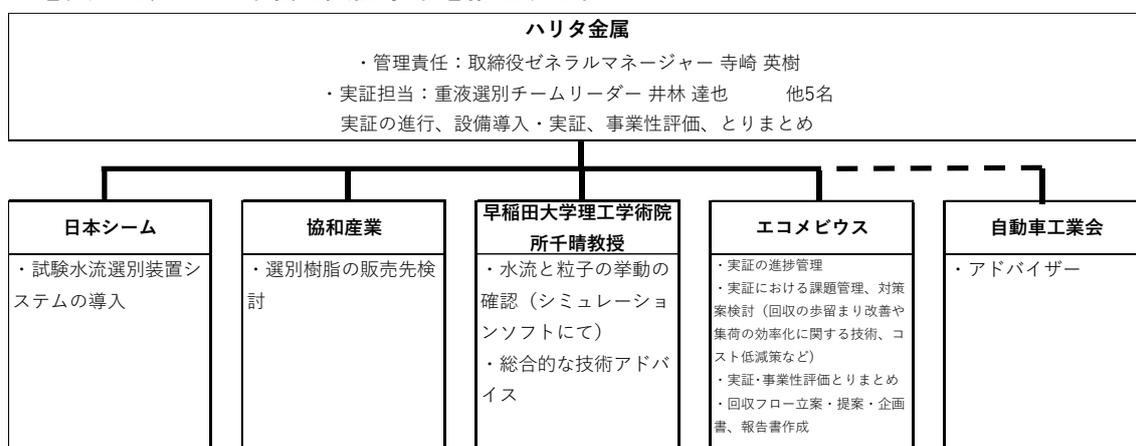


図 2 3 2020 年度実証体制

### 3.3.4. 事業スケジュール

2020年度は量産機の導入を実施する。設備導入は11月末までに行い量産設備で製造されたりサイクル樹脂の調合を行い、販売先を調査し、2021年度以降から販売を開始する。

表24 2020年度事業スケジュール

	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	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	水流選別装置の設計・製作																								
	前段処理設備の設計・製作																								
	後段設備の設計・製作																								
	プラントシステム全体の設計・製作・調整																								
	プラントシステムの設置																								
	試運転調整																								
	操業開始																								
b.選別樹脂の販売先検討	販売先への調合																								
	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																								
	試料形状等の粒子物性が選別精度に与える影響の評価																								
	供給方法等の装置形状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																								

### 3.3.5. 資金計画

2020年度の実証事業では、設備導入を軸として総額で約153,200千円の資金を要する計画である。

## 4. 事業化の計画

### 4.1. 想定する事業

2020年度中に水流選別システム設備を設置し、2021年度以降リサイクル樹脂の販売を確立する。

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。

又、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材料リサイクルにも大きく貢献できると考える。又、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、海外の材料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

来年度予定の 120,000 千円の設備導入を行った場合の事業収支を試算し、表 2 2 に示した。

下記を前提条件とした

- ・設備投資 120,000 千円
- ・ASR 再資源化費用は 25 円/kg。この費用は設備導入装置前の数量に対して試算した。
- ・リサイクル樹脂販売単価は 20 円/kg。

設備投資額は、4.5 年で回収可能となり 5 年目から収益を確保できる。

表 2 2 設備投資額の回収条件での事業収支予測

生産量		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	備考
売上高	数量	1,089	1,116	1,143	1,170	1,198	1,225	1,225	1,225	1,225	別表
	単価	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	目標単価
金額		0	21,773	22,317	22,861	23,406	23,950	24,494	24,494	24,494	
設備キャパ		kg/h	567	567	567	567	567	567	567	567	
設備稼働時間	時間	1,920	1,968	2,016	2,064	2,112	2,160	2,160	2,160	2,160	年間の稼働時間
	シフト	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1 単位:シフト/日
	日数	240	246	252	258	264	270	270	270	270	年間の稼働日数
	月間日数	20	21	21	22	22	23	23	23	23	月の稼働日
人件費		4,800	4,920	5,040	5,160	5,280	5,400	5,400	5,400	5,400	破碎・洗浄 一勤1名 時給2,500円(設備キャパ600kg/H)
請負金		1,920	1,968	2,016	2,064	2,112	2,160	2,160	2,160	2,160	受入選別及び破碎洗浄補助 アルバイト時給1,000円
委託加工費											
原材料費		0	0	0	0	0	0	0	0	0	別表
物品費		1,089	1,116	1,143	1,170	1,198	1,225	1,225	1,225	1,225	フロン1kg・1円、消耗品含む
修繕費		1,361	1,361	1,361	1,361	1,361	1,361	1,361	1,361	1,361	メンテナンス費用(固定刃、回転刃、メッシュスクリーン)100tあたり100千円
電力料		1,310	1,343	1,376	1,409	1,441	1,474	1,474	1,474	1,474	
減価償却費		17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	17,143	7年定額
水道費用		144	148	151	155	158	162	162	162	162	
輸送費		5,443	5,579	5,715	5,851	5,988	6,124	6,124	6,124	6,124	リサイクル工場協和産業へ5円/kg
その他		360	360	360	360	360	360	360	360	360	その他経費30千円/月
売上原価合計		0	33,570	33,938	34,305	34,673	35,041	35,408	35,408	18,265	18,265
売上利益		0	-11,797	-11,621	-11,444	-11,267	-11,091	-10,914	-10,914	6,229	6,229
販売費			653	653	653	653	653	653	653	653	売上の3%
一般管理費			653	653	653	653	653	653	653	653	売上の3%
その他収入			34,020	34,020	34,020	34,020	34,020	34,020	34,020	34,020	ASR中からの本工程に回収される量に対してのASR処理費用収入(25円/kg)
営業利益		0	20,917	21,093	21,269	21,447	21,623	21,799	21,799	38,942	38,942
投資金額		-120,000									
CF(キャッシュフロー)		-120,000	29,484	29,588	29,692	29,796	29,900	30,005	30,005	22,976	22,976
CF累計現在価値		-120,000	-91,650	-64,294	-37,898	-12,428	12,148	36,810	61,472	80,357	99,242
回収期間(年)			-	-	-	-	4.5	-	-	-	-

### 5.2. 採算性の評価

表 2 2 の設備導入後の事業収支試算により、投資効果は 4.5 年で投資としては及第点で

ある。

収入の基本は ASR 再資源化施設としての収入をリサイクル樹脂の回収量に単価 25 円/kg で試算したものであり、ASR 再資源化施設として事業採算が確立できる。

設備補助が全額の場合ならば、ASR 再資源化施設としての収入を計上しなくても、利益は確保できる。

### 5.3. 有効性の評価

本実証事業は、自動車のマテリアルリサイクルの促進と、それに伴う ASR の削減において、高い有効性があると考えられる。

産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会 自動車リサイクル WG 中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第 47 回合同会議(開催日 2019 年 9 月 10 日)における資料 4 にて自動車リサイクル法の施行状況にて ASR の 2018 年度の発生量は 556,985t と報告されている。

このうち今回の事業で示された ASR 中の 14.5%がリサイクル樹脂として販売され、ASR の削減が実現すれば、昨今 ASR の処理先確保に苦勞している事が大きく改善され、貢献できると考えられる。

仮に ASR 全体に 14.5%をかけあわせると、約 80,000t の ASR が削減できることになる。

又、ASR の低減については経済的な恩恵も大きい。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、ASR の削減が実現すればリサイクル料金の低減にもつながる。14.5%の ASR がマテリアルリサイクルされると仮定すれば、約 1,015 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は限定的だが、2018 年度の使用済自動車の引取台数が約 301 万台であることを考慮すれば、全体では 30.6 億円の ASR 処理費用低減にもつながる。

又、自動車全体では 1 台あたり約 50kg の PP が使用されているとされており、本実証事業で回収が見込まれた 26.7kg (一台あたりの ASR 数量である 184.9kg の 14.5%) と比較すると、回収余地は大きい。水流選別装置の普及等により、将来的に約 50kg の PP がすべてマテリアルリサイクルできると仮定すれば、ASR 処理費用の大幅な低減にもつながるほか、自動車リサイクルの質の向上に与えるインパクトも大きい。

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り、本事業が循環型社会に貢献できる余地は大きいと考える

以上