

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

事業報告会資料

事業名：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
代表事業者名：ハリタ金属株式会社

2021年10月22日

目次 1/2

1. 事業概要

- (1) 公募事業概要
- (2) 本事業期間（2018～2020年）における実施結果
- (3) 本事業における開発装置概略図
- (4) 本事業における装置仕様と検討結果

2. 今年度の事業計画と実施結果

3. 本事業装置導入に関する実施結果

- (1) 水流選別装置システムの導入
 - (a) なるとオーシャンプラント(投入～浮上品回収)装置構成
 - (b) 同プラントの沈殿品回収部の装置構成
 - (c) 同プラントの最適運転条件の検討（循環ポンプ回転数）
- (2) 水流選別の実機のメカニズムの技術検証
 - (a) 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
 - (c) 本モデルにおけるシミュレーションの妥当性の検証
 - (d) 全周供給口での選別精度のシミュレーションと結果
 - (e) 軽・重比重混合物の回収率の実験結果
 - (f) 実験結果に対する全周供給口の回収率優位性の確認（1点－全周供給口）
- (3) 導入設備の稼働結果
 - (a) 本導入設備の稼働試験による樹脂回収率
 - (b) 回収樹脂の物性データの評価

4. 本事業の量産稼働のための課題

- (1) 水流選別装置システムの導入
- (2) 水流選別機の実機メカニズムの技術検証（量産性能確保）

5. 事業の計画

6. 事業の評価

- (1) 採算性の評価
- (2) 有効性の評価

1. 事業概要

1/3

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

(1)公募事業概要

廃自動車のマテリアルリサイクルを促進してASRを削減するため、自動車に多く使われるPP樹脂を、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生産を実現する。更に、この技術を普及させ、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。

(2)本事業期間（2018～2020年）における実施結果

表1-1 本事業の実施結果

年度	計画	成果
2018年度	水流選別機設備の基本仕様の検討	・上昇水流型に決定 ・流体シミュレーションによる選別挙動 ・回収樹脂の分析・評価
2019年度	同設備の性能向上化の検討	・装置目標仕様達成の各装置仕様決定（前後処理装置含） ・選別精度の影響要因の評価
2020年度	同設備の量産性能確保と実働開始	・試験水流選別装置システムの導入 ・2021年度の事業展開についての選別樹脂の販売先検討 ・水流選別の実機のメカニズムの技術検証

1. 事業概要

2/3

(3) 本事業における開発装置概略図

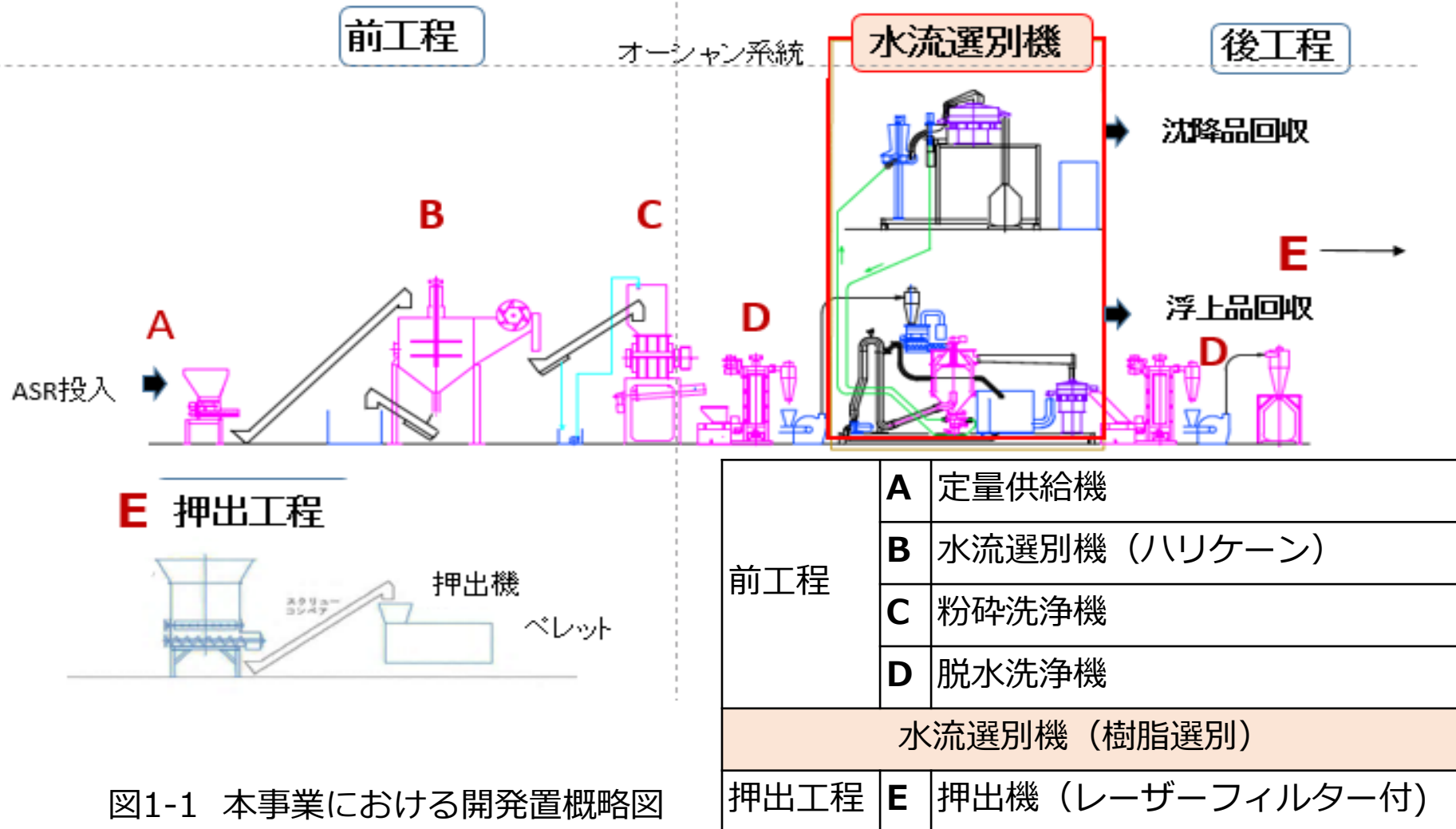


図1-1 本事業における開発装置概略図

1. 事業概要

3/3

(4) 本事業における装置仕様と検討結果

表1-2 2020年度の装置性能の検討状況

仕様項目		目標仕様値	2020年度検討結果
設備連続運転		2400 時間/年	84 時間 (2021年2月時点) (水漏れ等の問題は逐次対策済)
性能	最大分離点	1.05	・ 1.05 確保 (比重1.05塩水にて浮上確認)
	マテリアル樹脂比率	95%以上	・ ASR投入ロットによる物性値評価中
環境保全		難燃剤無	・ 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により良好な定量計測が可能と判断 ・ 浮上品の2種類のプラ材の計測にて, DBDEが含有されていないと判断

2. 今年度（2020年度）事業計画と実施結果

表2 2020年度の開発工程の実施結果

	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	
a.試験水流選別装置システムの導入	供給装置（縦スグュー供給機）															
	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）															
	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（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															
	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. 本事業装置導入に関する実施結果

(1) 試験水流選別装置システムの導入

(a) なんとオーシャンプラント（投入～浮上品回収部まで）装置構成

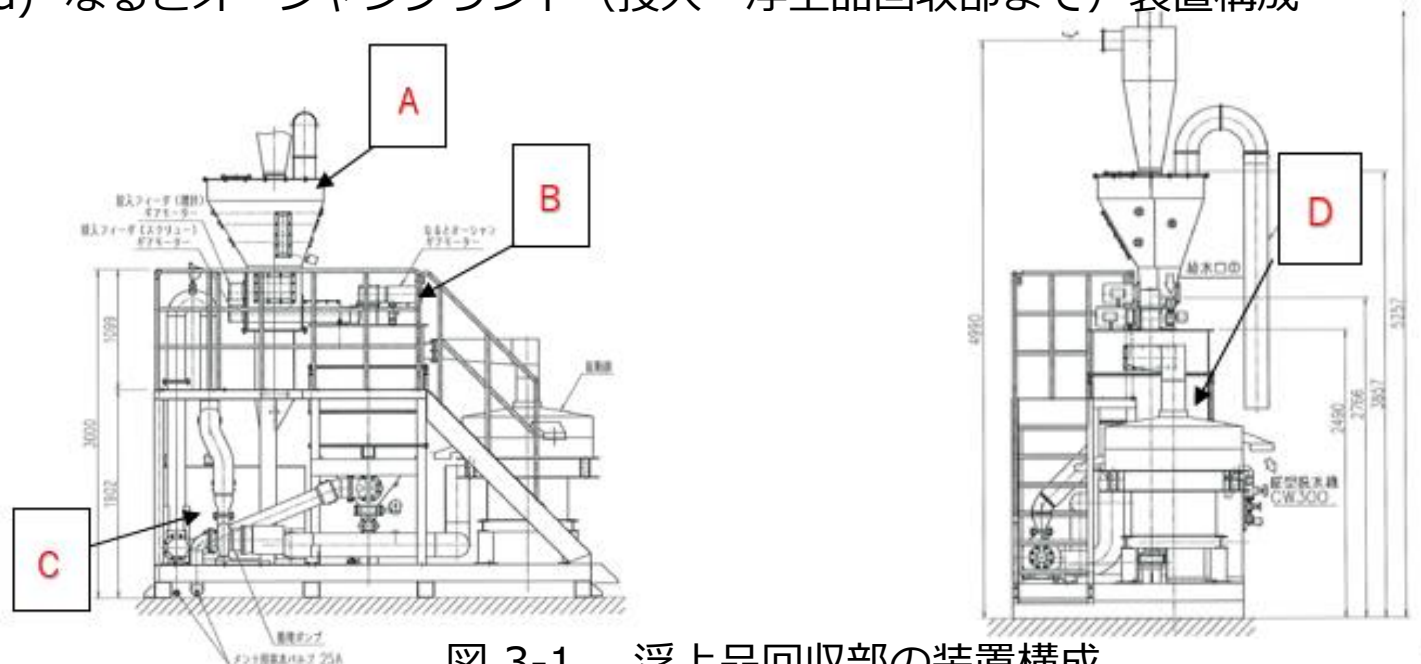


図 3-1 浮上品回収部の装置構成

表 3-1 浮上品回収部の主要装置仕様

	名称	機能	設備仕様の変確定仕様
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

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(1) 試験水流選別装置システムの導入

(b) なんとオーシャンプラント（沈降品回収部）装置構成

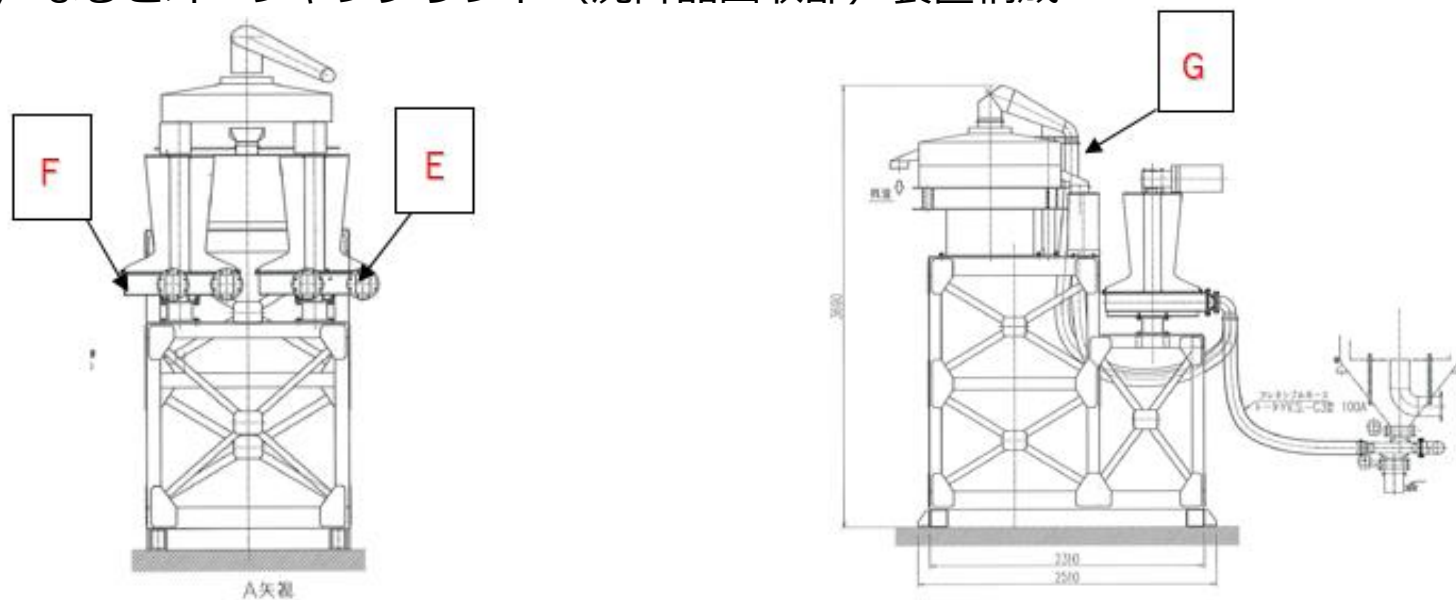


図3-2 沈降品回収部の装置構成

表3-2 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	・モータ出力増加（5.5Kw）
F		下降水流	異物除去水回収用	・変更無
G	振動ふるい機（回収用）		異物除去	・メッシュ目開き拡大

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(1) 試験水流選別装置システムの導入

(c) 水流選別装置の最適運転条件の検討（循環ポンプ回転数）

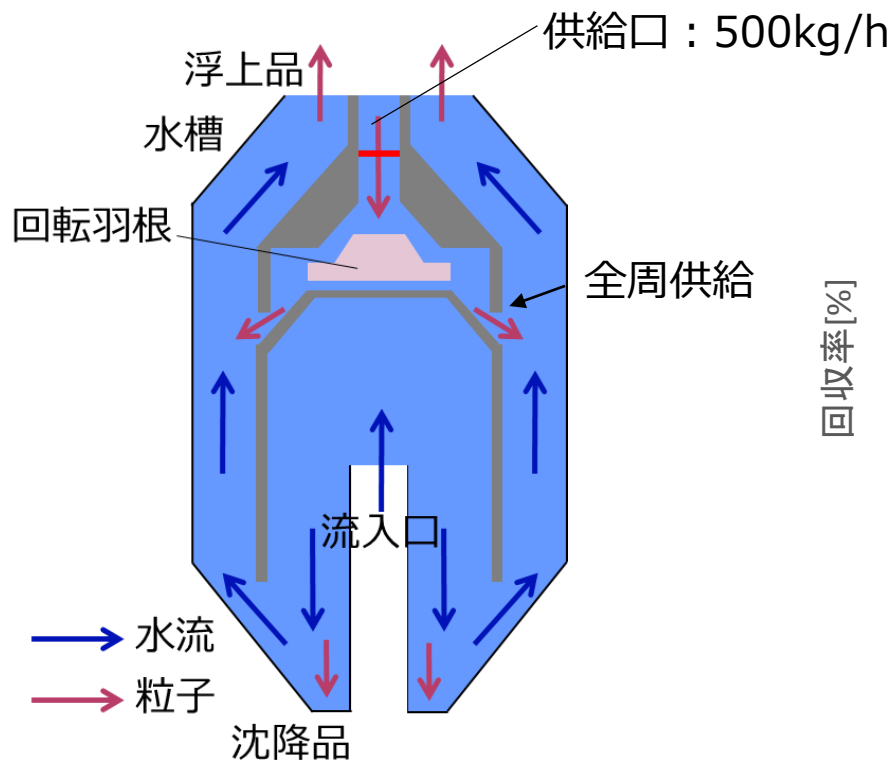


図3-3 水流選別装置の槽内説明図

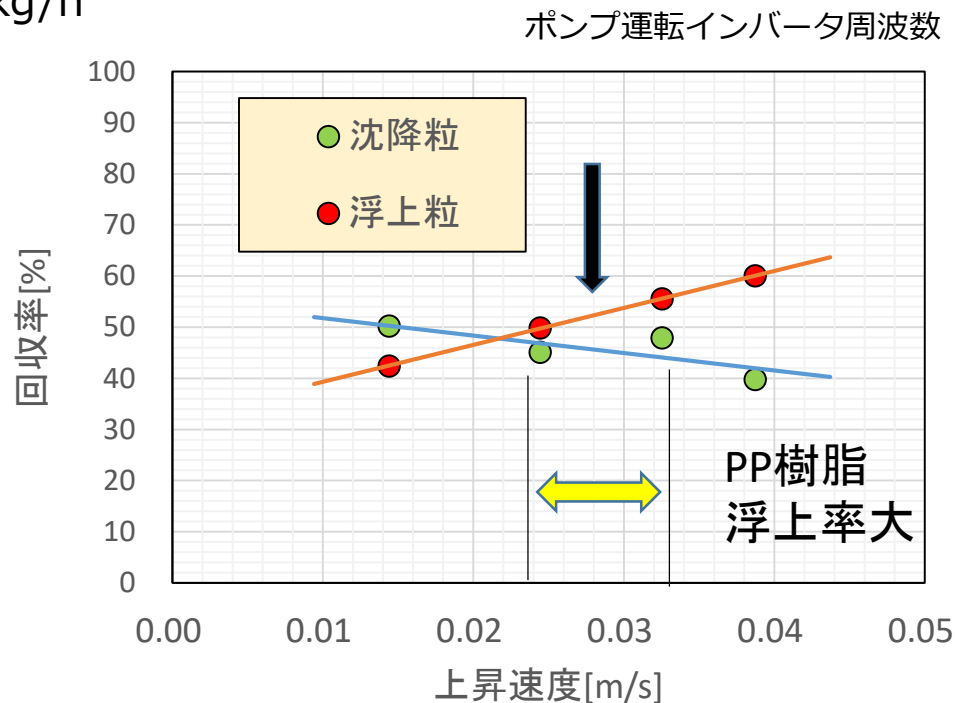


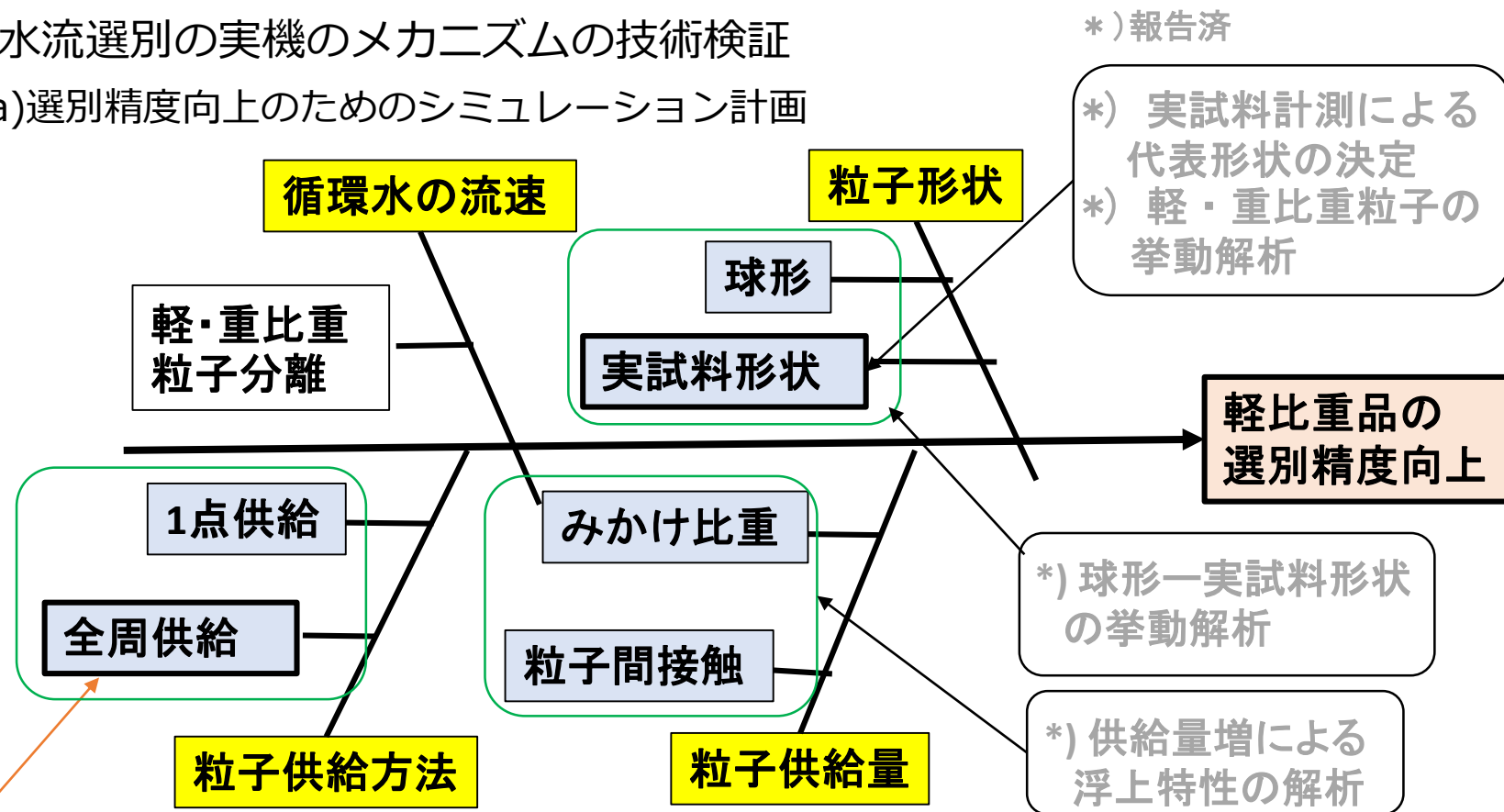
図3-4 水流速度と浮上率の実験結果

1. 上昇水流速度が0.04m/sとなると浮上品のPP含有率が減少する傾向である。
このため装置の上昇水流速度仕様を0.02～0.03m/sとする。
2. 循環ポンプの量産運転条件を上昇水流速度範囲の中央値で決定した。

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(2) 水流選別の実機のメカニズムの技術検証

(a) 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
- (c) 3Dモデルの妥当性検証
- (d) 全周供給口での選別精度のシミュレーションと実験
- (e) 実験検証
- (f) 実験結果に対する全周供給口の優位性の確認

図3-5 実機の選別精度向上のためのシミュレーション計画

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(b) 全周供給口の3D解析モデル作成

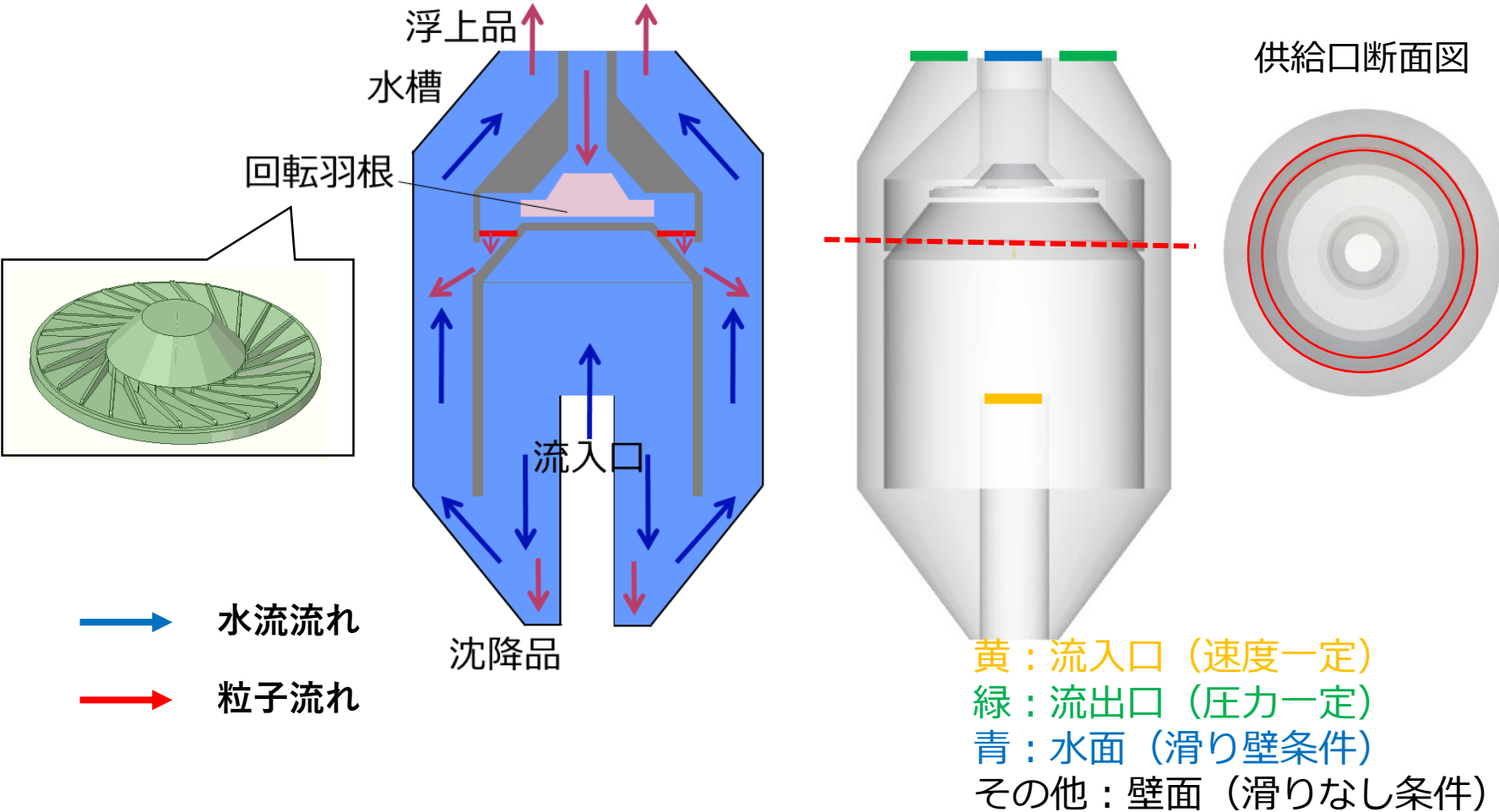


図3-6 全周供給口の3D解析モデル

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(c) 本モデルにおけるシミュレーションの妥当性の検証

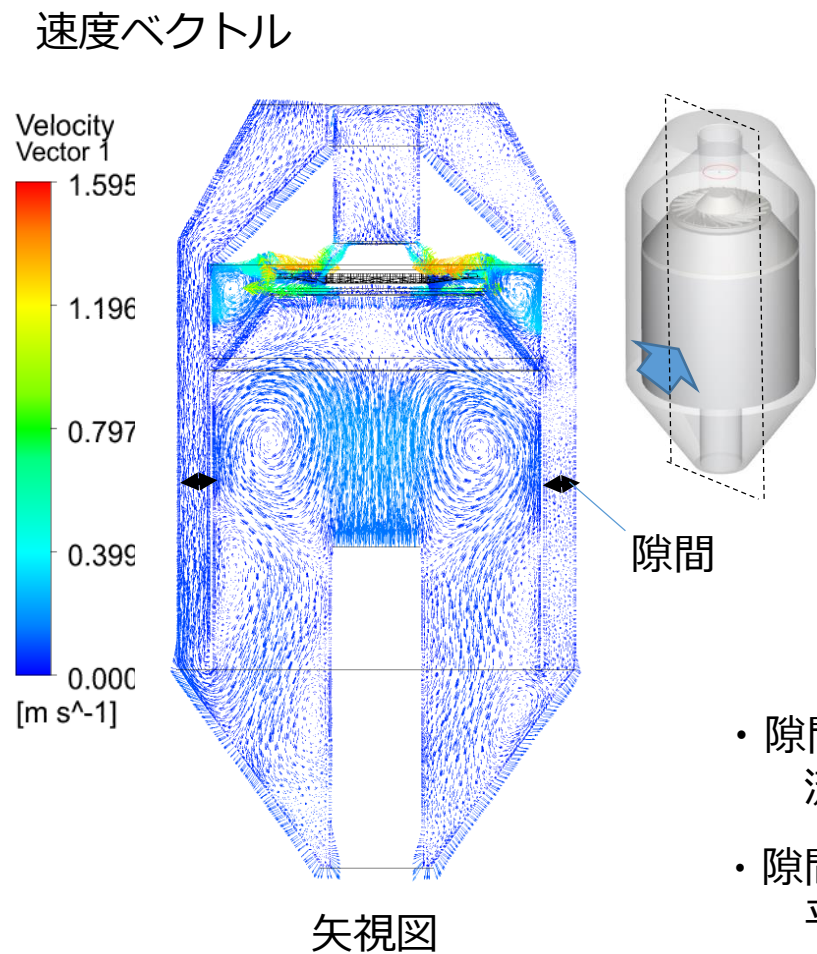


図3-7 縦断面方向の水流速度ベクトル

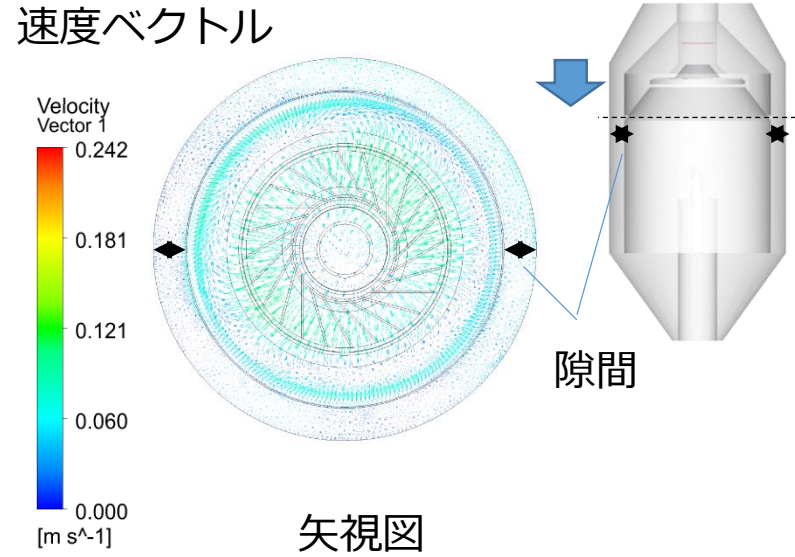


図3-8 横断面方向の水流速度ベクトル

- ・ 隙間における流体の鉛直方向速度計算値（流量計実測）
流量/隙間の断面積 = 0.024 m/s
- ・ 隙間の流体の鉛直方向速度のシミュレーション結果
平均鉛直方向速度 = 0.020 m/s

速度が概ね一致により**流体の計算は妥当と判断**

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(d) 全周供給口での選別精度のシミュレーションと結果

軽比重・重比重粒子の定義

【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

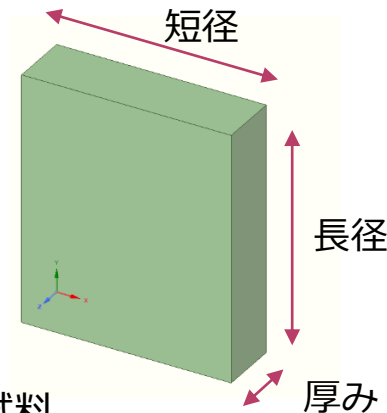


表3-3 実験試料

種類	試料モデル	比重(kg/m ³)
軽比重粒子	ASR代表 モデル	1.016
重比重粒子		1.293

【実験条件】



バンパー



塩化ビニル

表3-4 実験試料

種類	試料名	比重(kg/m 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3-9 軽・重比重粒子の回収率の経時変化

図3-10 軽・重比重粒子混合率による
回収率の経時変化

3. 本事業装置導入に関する実施結果

全周供給口条件での解析結果

(d) 全周供給口での選別精度のシミュレーションと結果

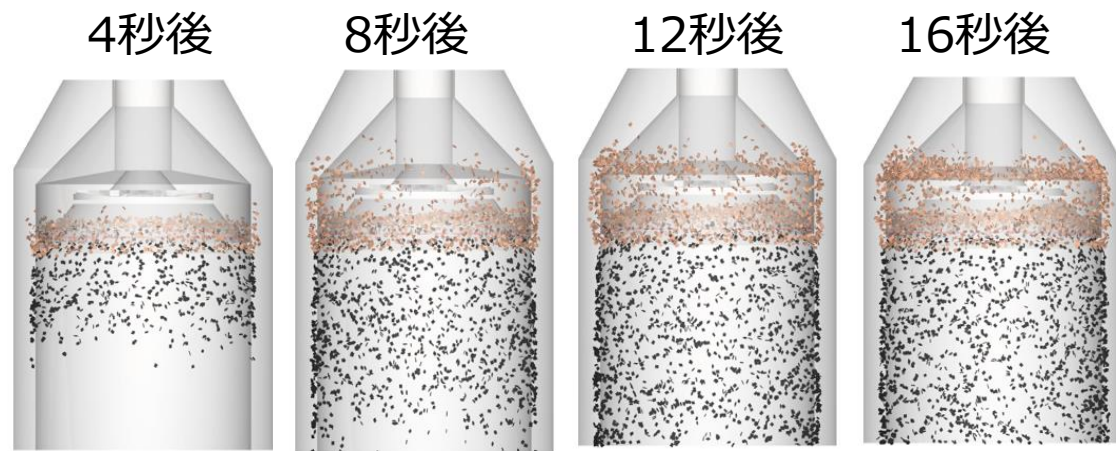


図3-11 全周供給モデルにおける粒子挙動解析結果

- ・ 軽比重粒子(オレンジ色)；上昇水流に沿って浮上する
- ・ 重比重粒子(黒色)；上昇水流に逆らって沈降する。
- ・ 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%以上である。

—軽比重・重比重体積比率：50%—

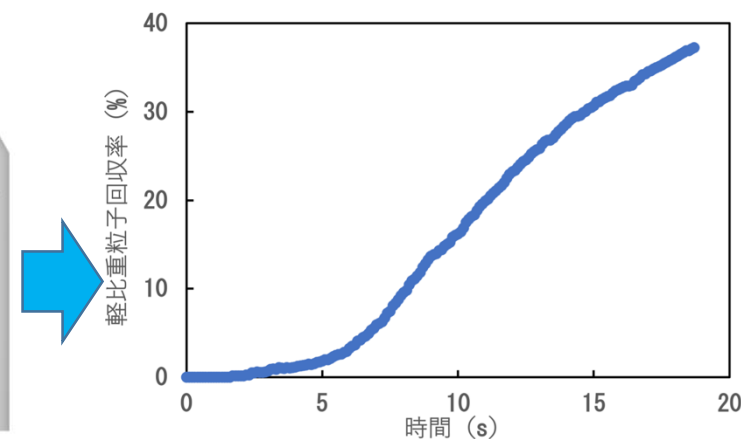
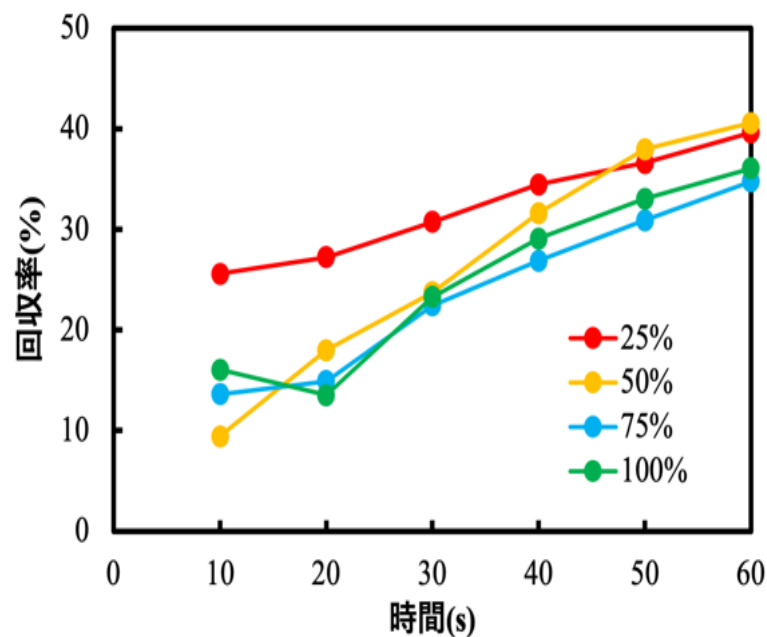


図3-12 軽比重粒子の回収率の経時変化

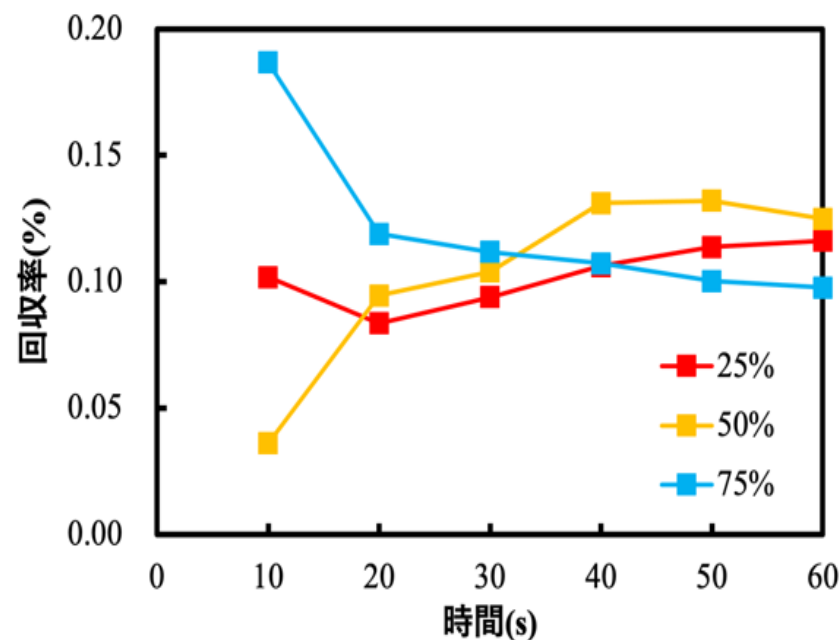
- ① 全周供給口から供給された軽・重比重粒子は、供給口で互いに接触することなく、上昇水流により分離精度が向上することが示唆された。
- ② シミュレーションと実験による比較で定性的一致は確認されたが、定量的な合致には至らなかった。図3-6の羽根周りの流体挙動に解析精度に依存と考察

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(e) 軽・重比重混合物の回収率の実験結果



バンパー（軽比重粒子）



塩化ビニル（重比重粒子）

図3-13 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

- ① 時間と共に軽比重粒子の回収率が増加する。
- ② 軽・重比重粒子の混合率50%で浮上率最大となった。
- ③ 重比重が浮上産物として回収される割合は、0.2%以下であり 浮上産物の軽比重粒子の品位は99%以上であると示唆された。

3. 本事業装置導入に関する実施結果

1点-全周供給口の比較解析結果

(f) 実験結果に対する全周供給口の回収率優位性の確認 (1点ー全周供給口)

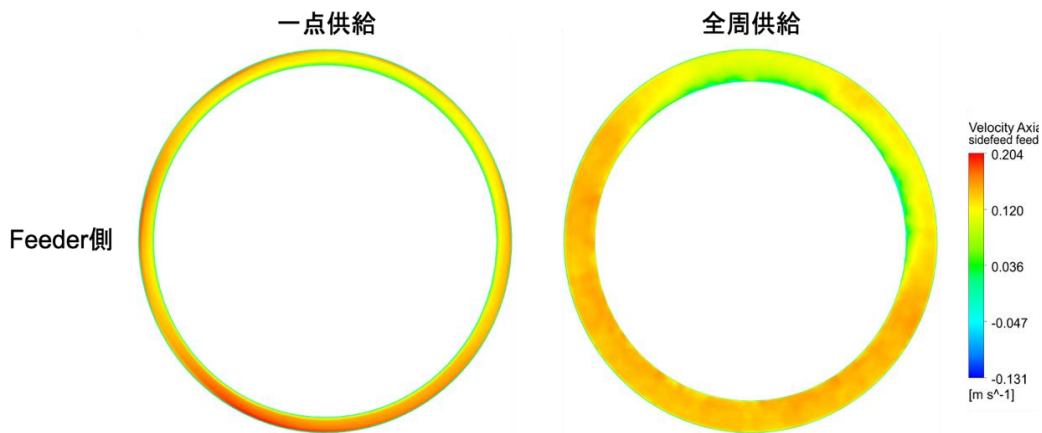


図3-14 供給口高さの鉛直方向の速度分布の比較

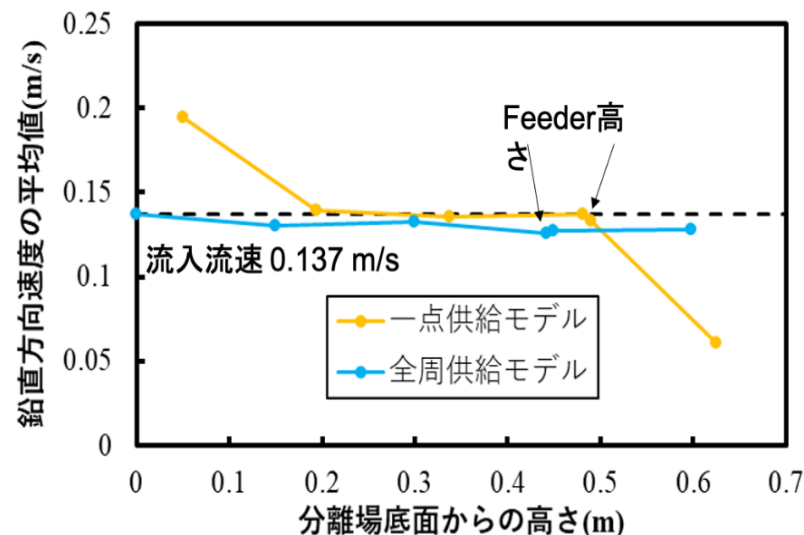


図3-15 鉛直方向の平均流速の比較

流入速度 0.137m/s

1点供給口：分離場底面およ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

全周供給口：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

結論 水流選別機の全周供給口型 → 分離精度に効果的な作用

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(3) 導入設備の稼働結果

(a) 本導入設備の稼働試験による樹脂回収率

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ーダスト	3.2%	
	合計	100.0%	

重比重MIX：6回, ASR 6t 投入実績
中比重MIX：7回, ASR 7t 投入実績

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%

選別歩留

43.7%
62.2%

3.水流選別浮上品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%

軽質ダスト①からの歩留まり

11.2%

図3-16 軽質ダストからのPP回収歩留りの結果

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(3) 導入設備の稼働結果

(a) 本導入設備の稼働試験による樹脂回収率

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ーダスト	3.2%	
	合計	100.0%	

再選別後のマテリアルバランス (前年度実績より)

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	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	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%

※暫定歩留り

水流選別浮上品 (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% (暫定歩留り)

重質ダスト②③④からの歩留り

3.3%

軽質ダスト①からの歩留り +

11.2%

ASR全体からのPP回収重量
(① + ② + ③ + ④、見込み)

14.6%

図3-17 重質ダストからのPP回収歩留りの結果

3. 本事業装置導入に関する実施結果

(3) 導入設備の稼働結果

(b) 回収樹脂の物性データの評価

表3-5 稼働試験による得られた樹脂の物性

	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	

衝撃強度，曲げ弾性率の
→ばらつき大きい（標準偏差大）

①生材のサンプル評価依頼

②各用途に応じた配合材の検討

表3-6 樹脂の用途別評価と課題

	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

4. 本事業の量産稼働のための課題

(1) 水流選別装置システムの導入

① 動作信頼性の維持

- ・ 汚水対応の循環ポンプの動作信頼性の確認
- ・ ASRの豎型破碎機の破碎条件の管理

② 浮上品回収の歩留り維持

- ・ 流路の異物目詰まりによる浮上品回収の歩留り低下，モータ負荷増による消費電力増等の運転維持管理項目の監視
- ・ 循環水の汚れに対する真水補給，入れ替え等による品質維持

(2) 水流選別機の実機メカニズムの技術検証（妥当性検証に対する見解）

① 全周供給口におけるシミュレーション結果と実験検証により定性的な一致が得られたが，定量的な一致は得られなかった。

解析による厳密解は，分離場内の粒子挙動と供給口での解析が必要となる。

② 水流選別機のさらなる最適化には，これらの解析評価が課題である。

5. 事業の計画

表 5-1 事業計画（7年間）

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	

設備投資回収

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

6. 事業の評価

(1) 採算性の評価

表6-1 設備費用補助の本事業としての事業収支

		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

設備費用補助の条件 (本助成事業)

表6-2 設備キャパフル稼働(月25日×16時間/日稼働)時の事業収支

		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	

月間最大稼働条件

6. 事業の評価

(2) 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 TO 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。