

公益財団法人自動車リサイクル高度化財団 公募事業

Car to Car リサイクルに向けた樹脂の高度選別技術開発

事業報告会資料

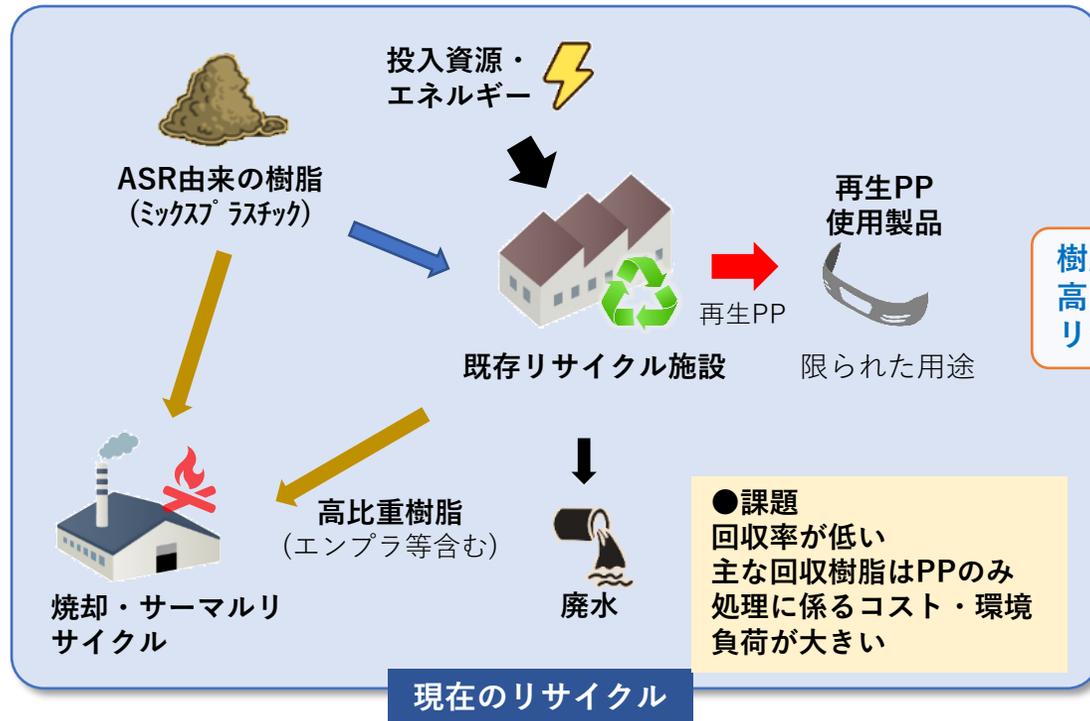
代表事業者：株式会社マテック

2025年9月1日

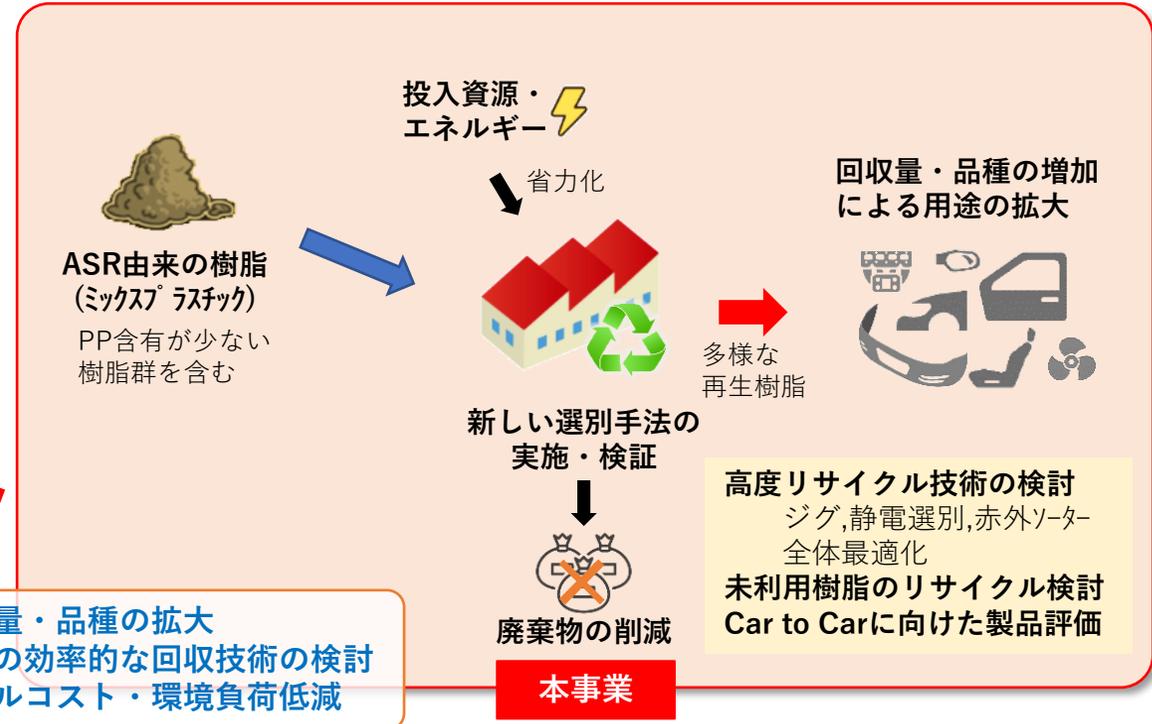


1. 事業概要

近年のカーボンニュートラルや欧州での自動車規則の制定などにより、**樹脂リサイクルが重要視されている**。ELVのプラスチックは**PPのみが主な回収対象**とされ、その**回収率や品質に課題**がある。また、**リサイクルにかかるコスト・環境負荷が大きい**ことから、より効率的なリサイクルの確立が求められている。



樹脂回収量・品種の拡大
高回収率の効率的な回収技術の検討
リサイクルコスト・環境負荷低減



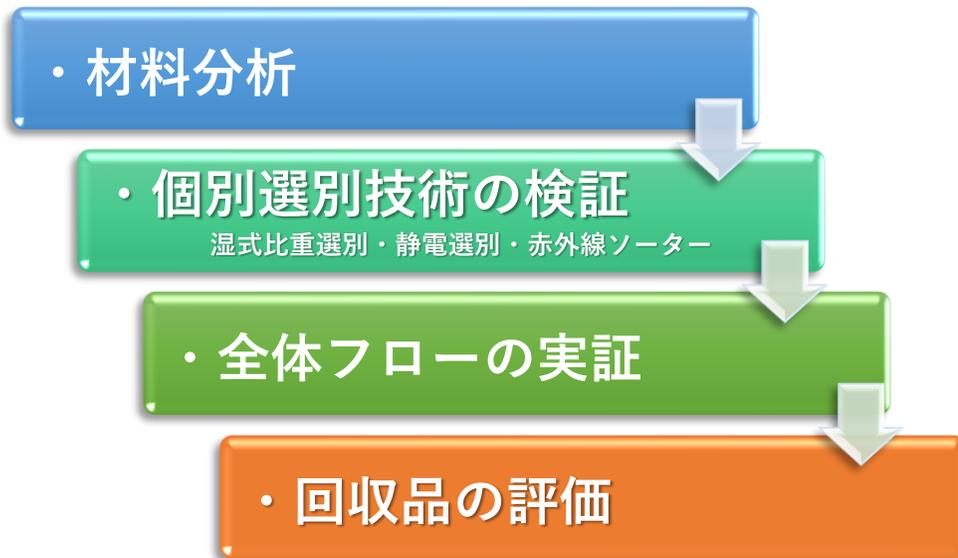
・ 事業内容

本事業では、**湿式比重選別、静電選別、赤外線ソーター等の手法を適切に組み合わせることにより、効率的なリサイクル方法を検討し、高品質・高回収率かつ低コスト・低環境負荷のリサイクル樹脂回収技術の確立**を目指した、選別技術を検証する。

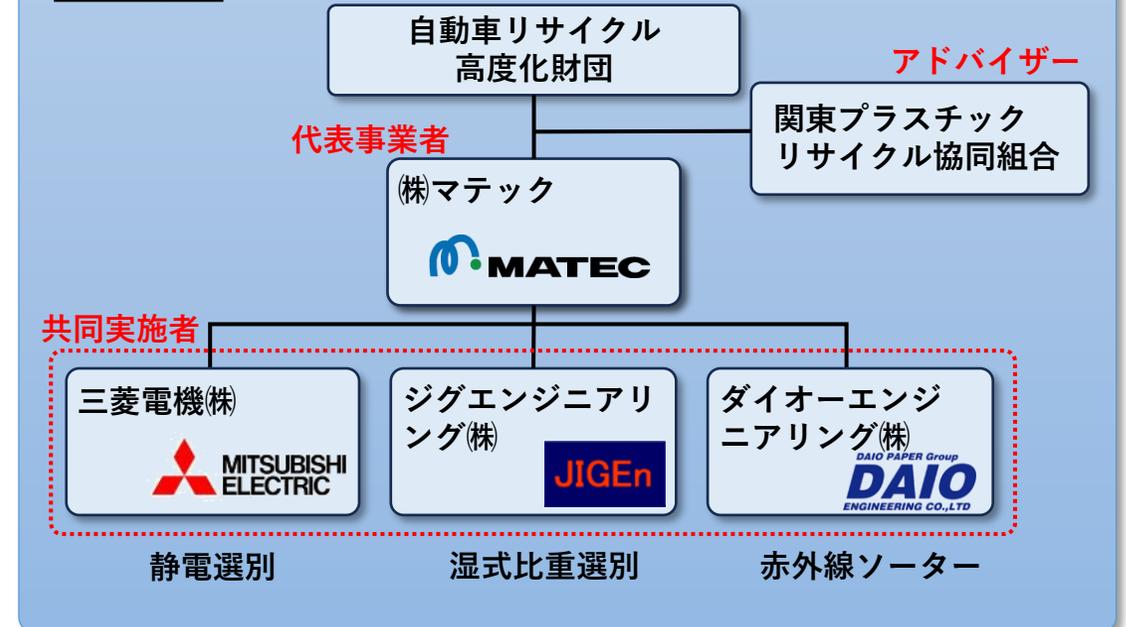
ASR由来ミックスプラスチックからのリサイクル樹脂回収の実施・検証

- ・ 湿式比重選別(ジグ)、静電選別、赤外線ソーターによる選別を検証し、それらの組み合わせにより最適なリサイクル手法を選定する。
- ・ 比重域毎の素材構成や各選別手法での選別性能を評価することで、PPだけではなくPE、ABS、PC、PMMA、PA、POM、PBTなど**多くの樹脂種を対象に回収試験を行いリサイクル性を評価**する。
- ・ 回収樹脂は物性・有害物質の分析を行い、自動車向け又はそれ以外の用途への適用を検討する。

実施フロー

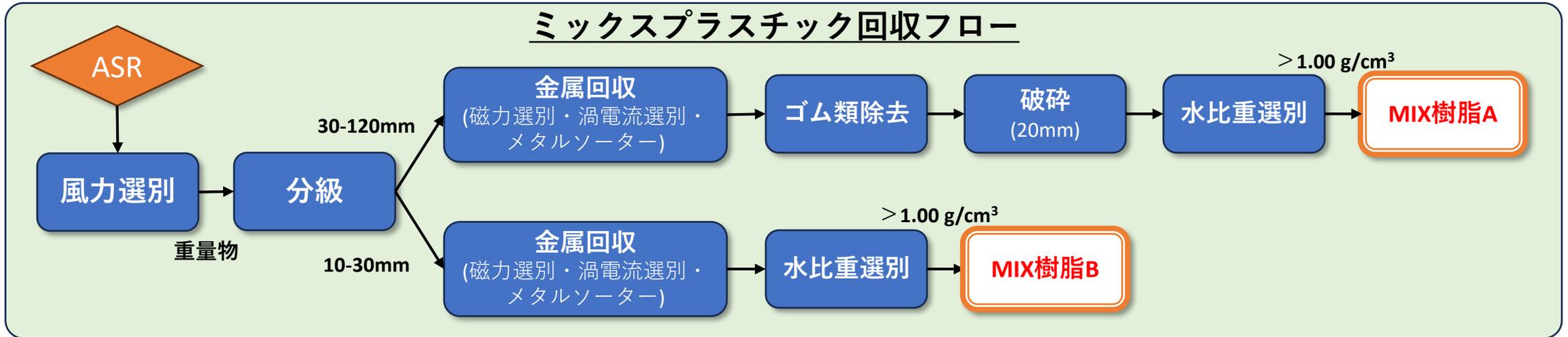


実施体制



● 対象とする原料

マテック苫小牧支店 シュレッダーダスト再資源化施設から発生する ASR由来ミックスプラスチック



MIX樹脂A
(大径)

比較的異物が少ない
汎用樹脂(PP, PE等)の割合が多い

MIX樹脂B
(小径)

異物が多い (ゴム類・金属等)
高剛性樹脂 (PC, PA等)の割合が多い



MIX樹脂A

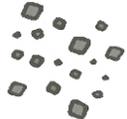


MIX樹脂B

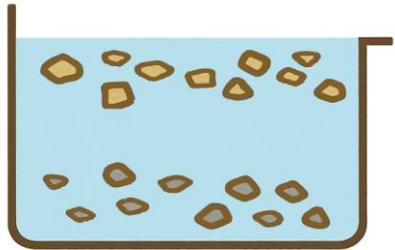
ELV処理工程におけるプラスチックの分布

・ 破碎工程



大		靱性が高い = 割れにくい樹脂	PP多
小		剛性が高い樹脂 割れてバラバラに	PP少

・ 比重選別工程



軽		PP、PEが大部分	PP多
重		PP少ないが、添加剤入りPPは含まれる	PP少

※ 現在有効にリサイクルがされていない、PP含有の少ない小径・高比重のプラスチックにも焦点を当て、**多種の樹脂リサイクルを検討**する。

現状：PPが少ない
= リサイクル困難物

一方

PPが少ない
= **PP以外の樹脂が多い**
(付加価値の高い樹脂含む)



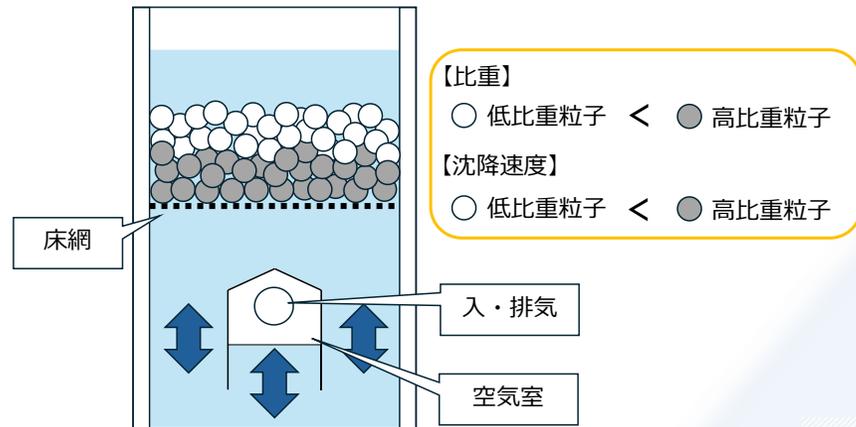
PP以外にも、どのような樹脂がどれだけ含まれているか？

分離回収・リサイクルの実現性はあるのか？

● 選別手法

① 比重選別（ジグ選別）

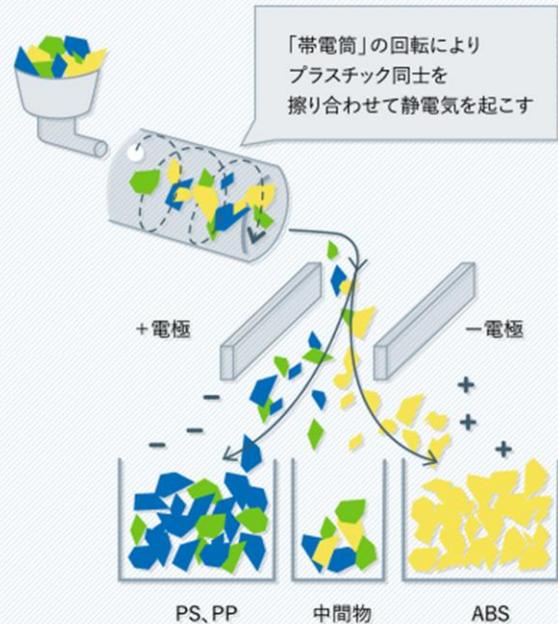
JIGEn



② 静電選別

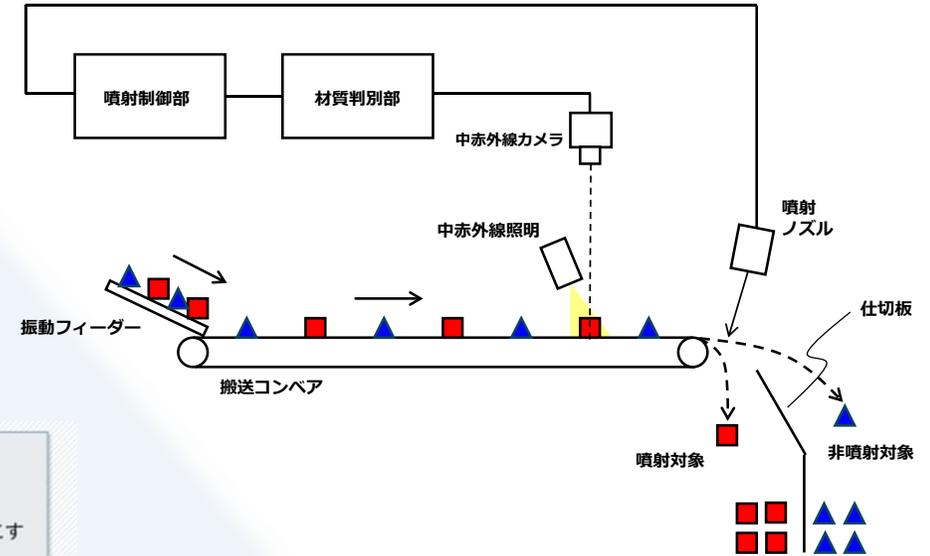
MITSUBISHI ELECTRIC

PS,ABS混合
プラスチック破砕片



③ 赤外線ソーター（中赤外）

DAIO PAPER Group
DAIO
ENGINEERING CO.,LTD



試験では選別できても
実働では上手くいかない



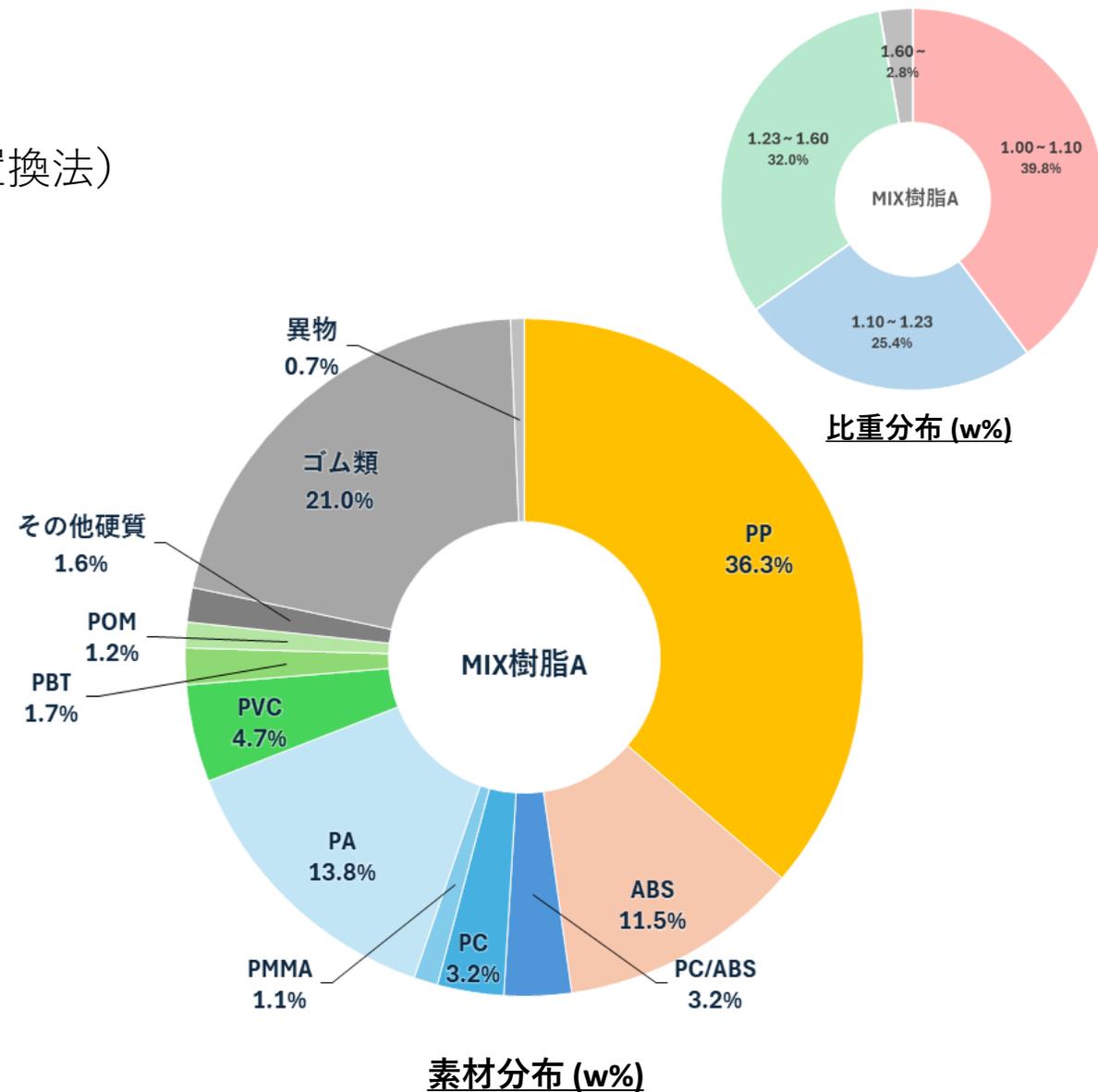
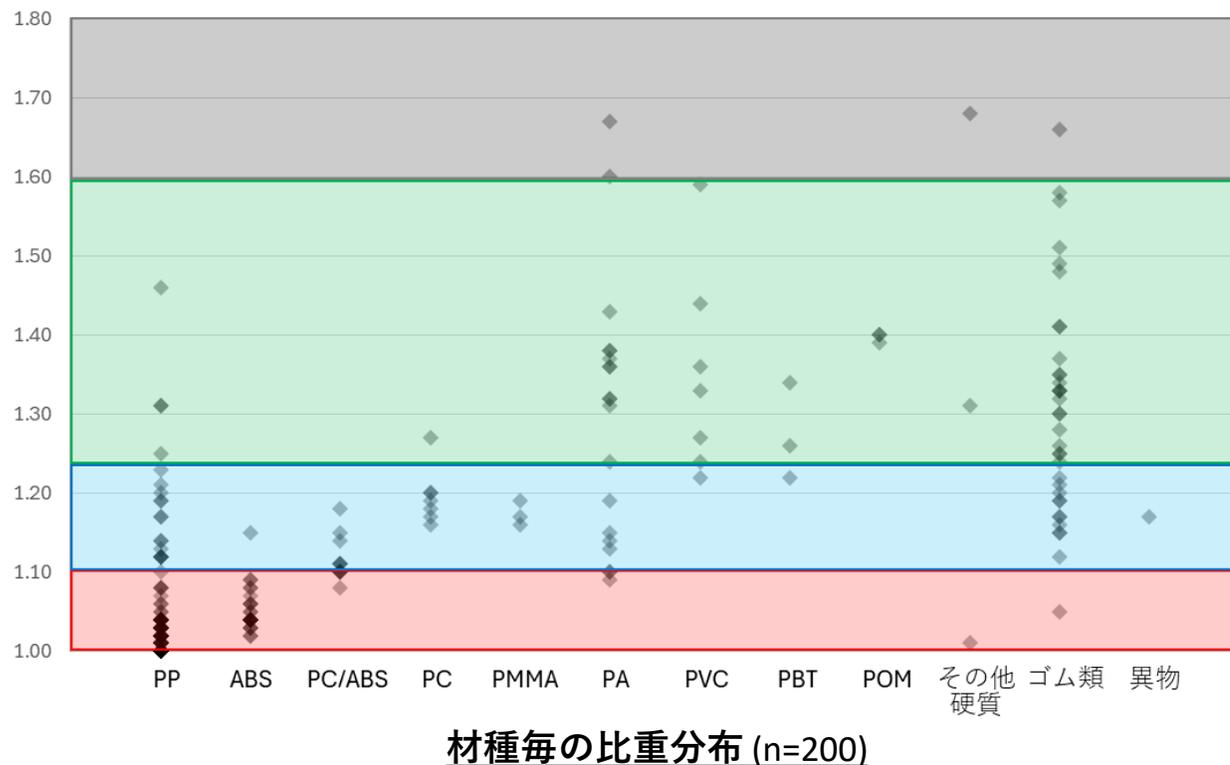
適切な前処理が必要

それぞれの選別手法を適切に
組み合わせることで、効率的
なりサイクル手法を確立

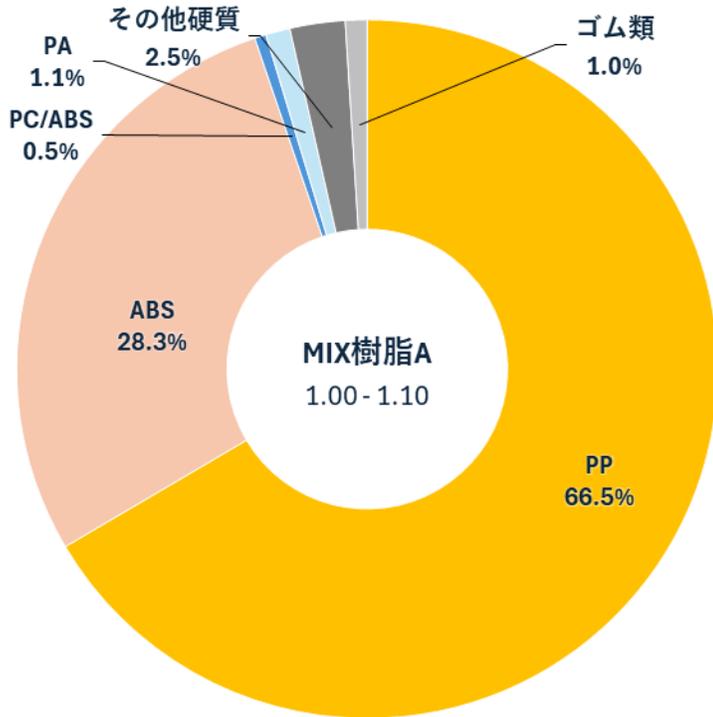
(1) 原料分析

ピース毎に200検体の材種および比重の測定を実施
 (材種同定：FTIR測定、比重測定：水中置換法)

• MIX樹脂A (大径、PP多)

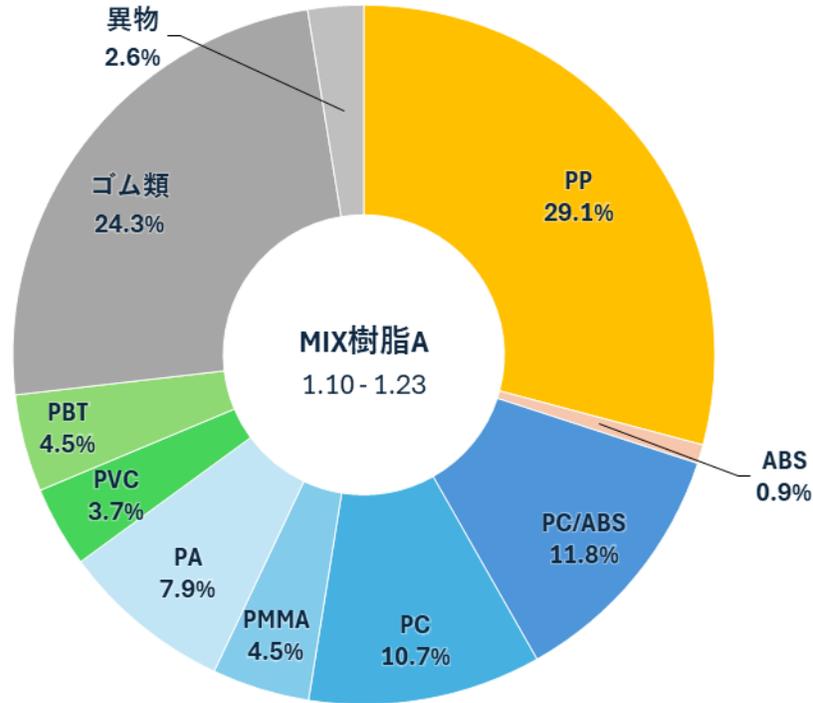


比重選別シミュレーションの結果 MIX樹脂A



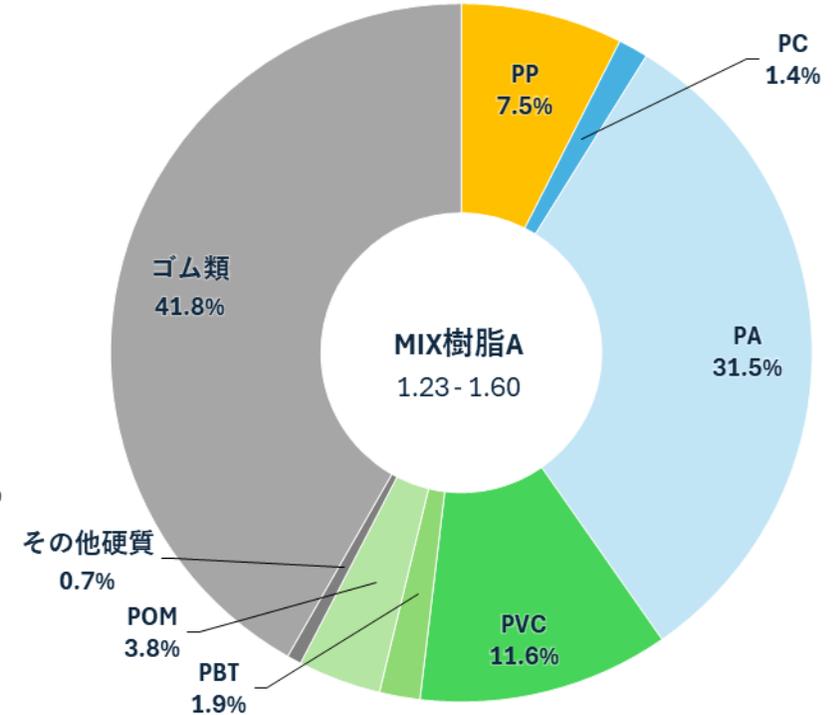
比重1.00 - 1.10

- ▶ PP・ABSが大部分を占める
- ▶ 含有する材種が少ない



比重1.10 - 1.23

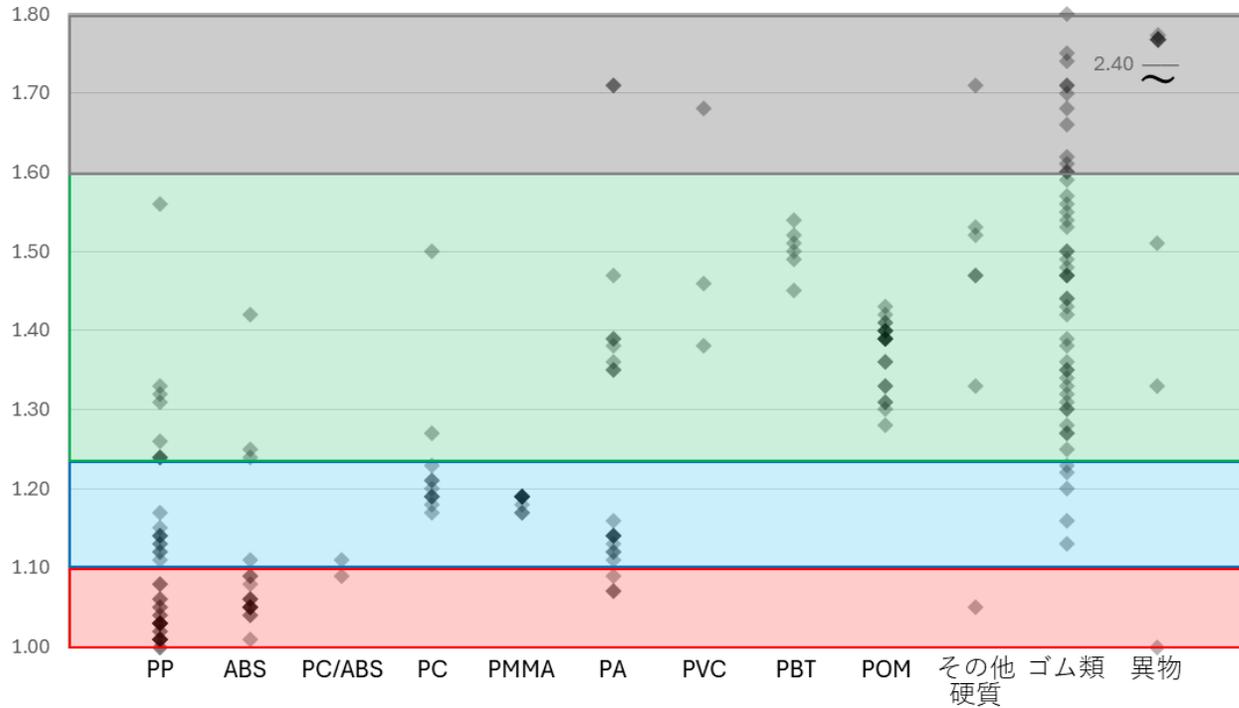
- ▶ PPが最も多いがPC・PA・PMMAも多く含有する
- ▶ 多くの材種が存在する



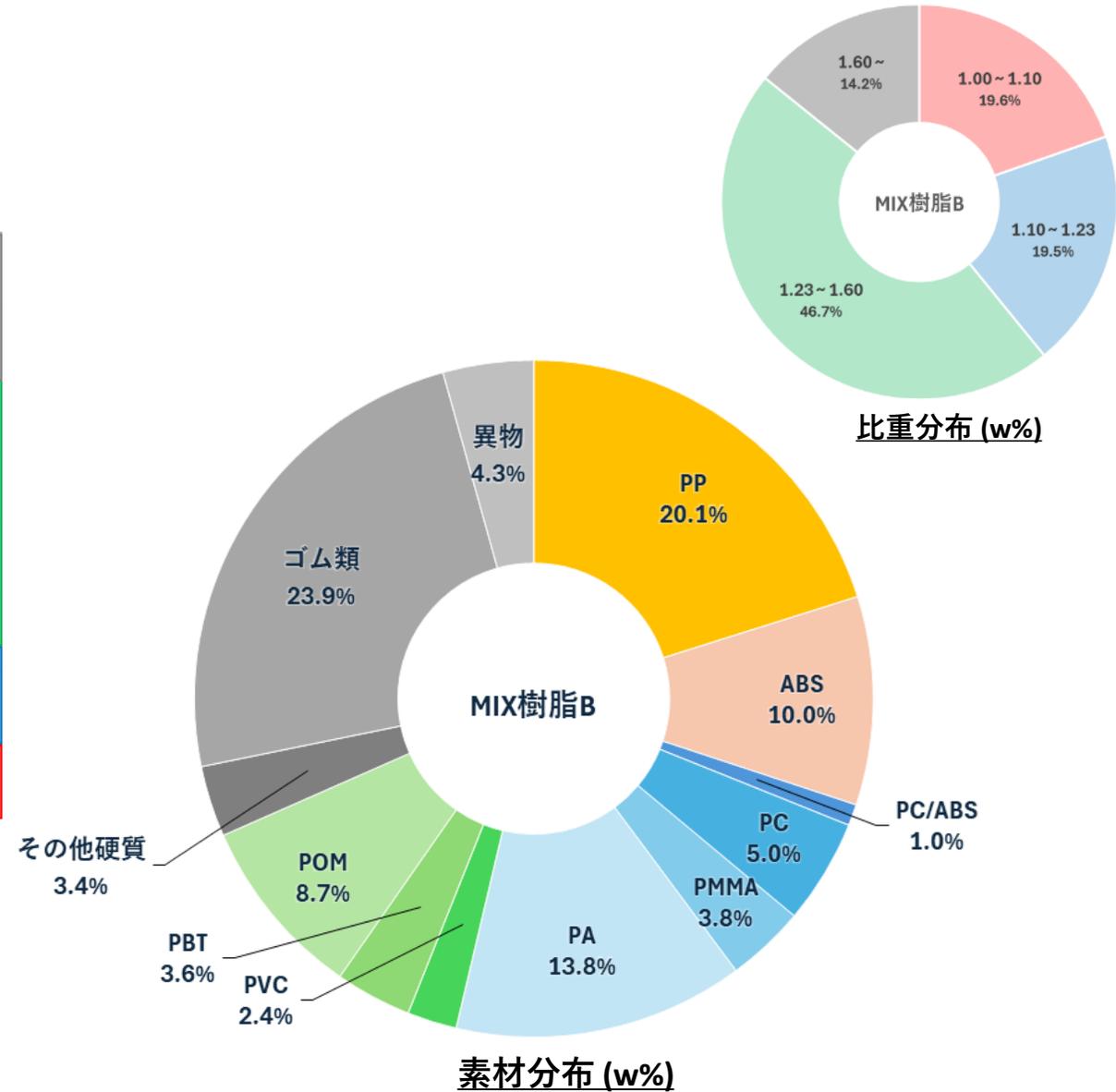
比重 1.23 - 1.60

- ▶ 異物（ゴム類）が多い
- ▶ PAが多く、POM・PBTが少量含まれる

• MIX樹脂B (小径、PP少)

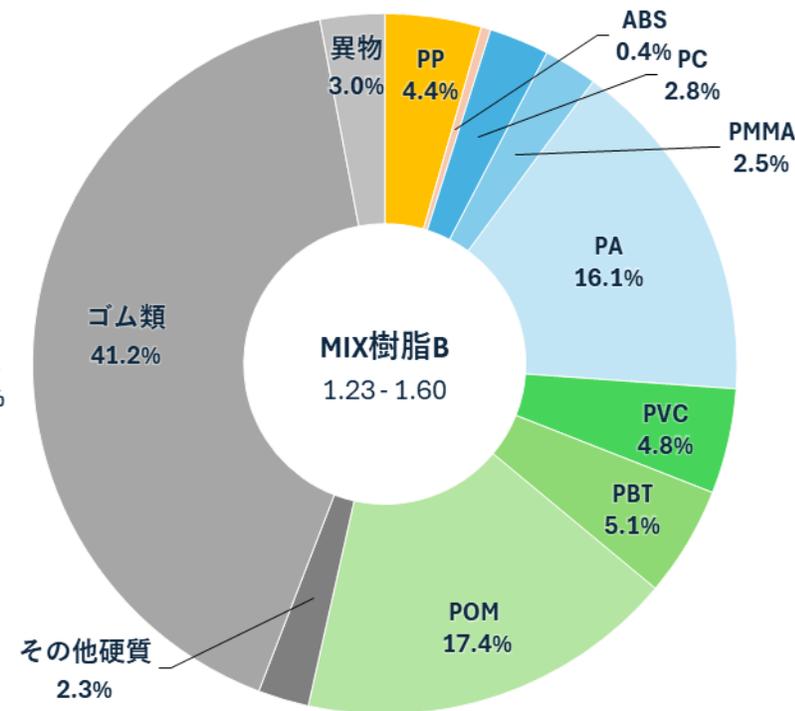
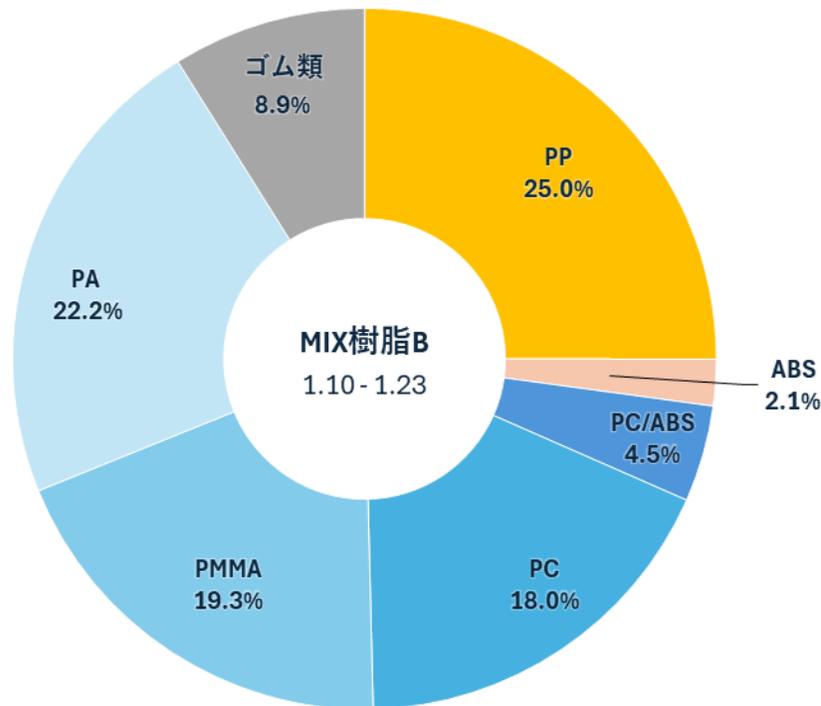
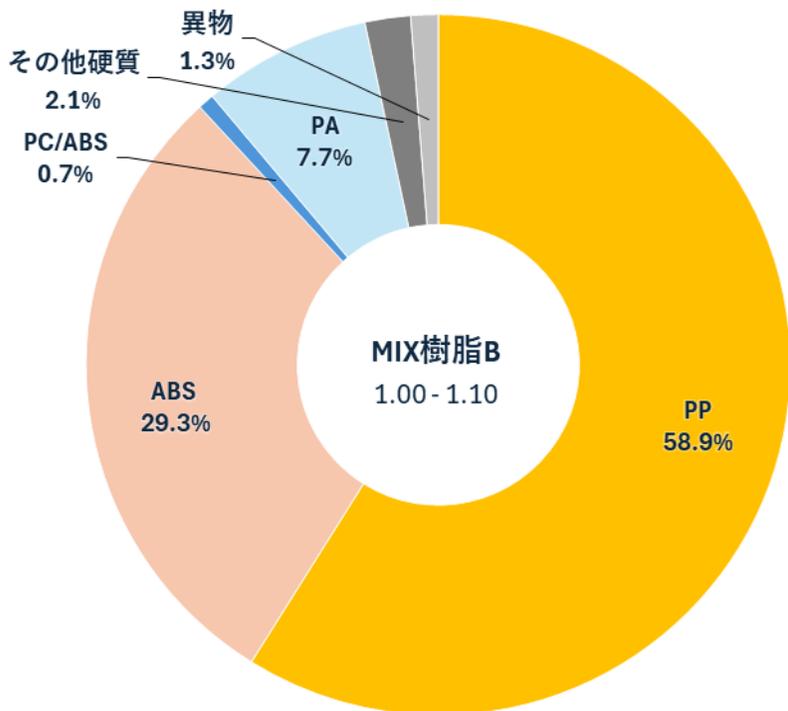


材種毎の比重分布 (n=200)



比重選別シミュレーションの結果 MIX樹脂B

特定の比重域を抜き出すことで回収対象物の濃縮、選別阻害物の除去が可能



比重1.00 - 1.10

- ▶ PP・ABSが大部分を占める
- ▶ 含有する材種が少ない

比重1.10 - 1.23

- ▶ PPが最も多いがPC・PA・PMMAも多く含有する
- ▶ 多くの材種が存在する

比重 1.23 - 1.60

- ▶ 異物（ゴム類）が多い
- ▶ MIX樹脂Aと比較しPOM、PBTが多く含み

(2) 選別工程の個別検証

選別工程	実施内容	実施結果
比重選別 (ジグ)	<ul style="list-style-type: none"> 実サンプルによる運転調整 フロートによる比重閾値の制御 	<ul style="list-style-type: none"> フロート重量と選別比重閾値は比例関係にあり制御可能 1.10, 1.15, 1.20の比重閾値において90%程度、1.05で80%程度の精度で選別できた
静電選別	<ul style="list-style-type: none"> 帯電評価 → 重量評価 → 樹脂種評価を実施 評価結果により静電選別をシミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> 低比重域において、PPはマイナス側、ABSはプラス側に帯電した PP: 純度100%, 回収率96%、ABS: 純度86%, 回収率100%のシミュレーション結果
赤外線ソーター (中赤外線)	<ul style="list-style-type: none"> 中比重域からPA、PC+PC/ABS、PMMAの回収試験 高比重域からPOM、PBTの回収試験 	<ul style="list-style-type: none"> PA、PC+PC/ABSは90%以上の純度で回収された (MIX樹脂A) POMは90%以上の純度だったが、PBTは精度が低い (MIX樹脂A)



回分・連続式ジグ試験機

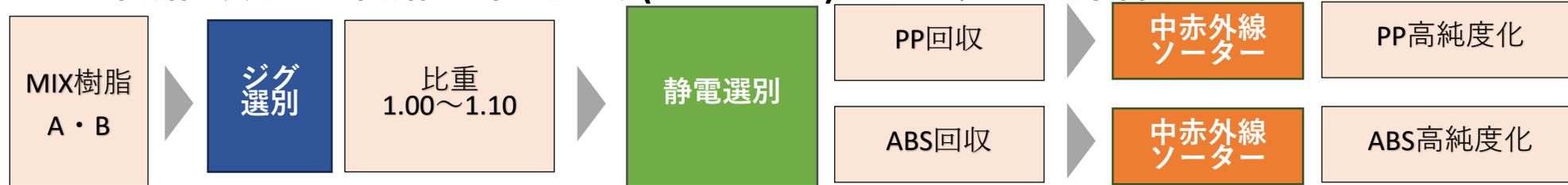


中赤外ソーター
(エアロソーターV)

(3) 処理フローの策定

原料分析・個別試験の結果から処理フローを策定

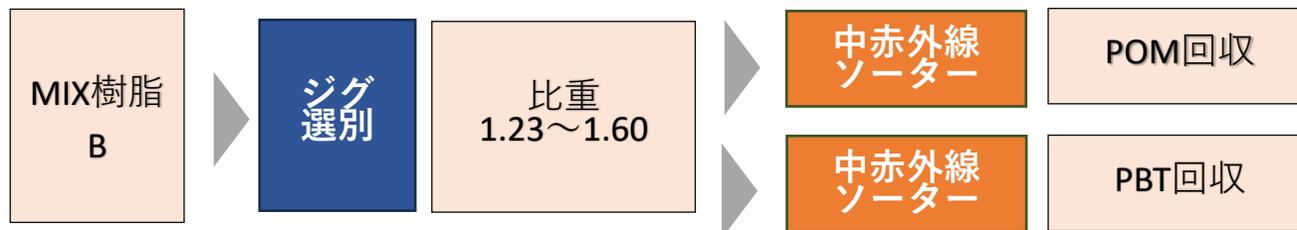
① MIX樹脂A及びMIX樹脂Bの低比重域(1.00 – 1.10)からPP、ABSを回収



② MIX樹脂A及びMIX樹脂Bの中比重域(1.10 – 1.23)からPA、PCを回収



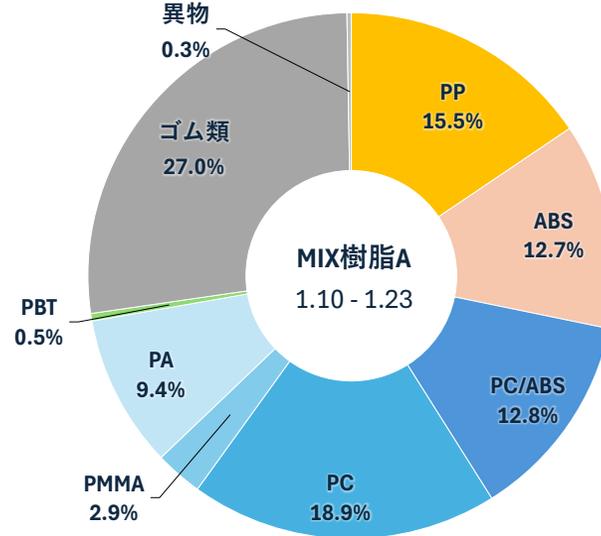
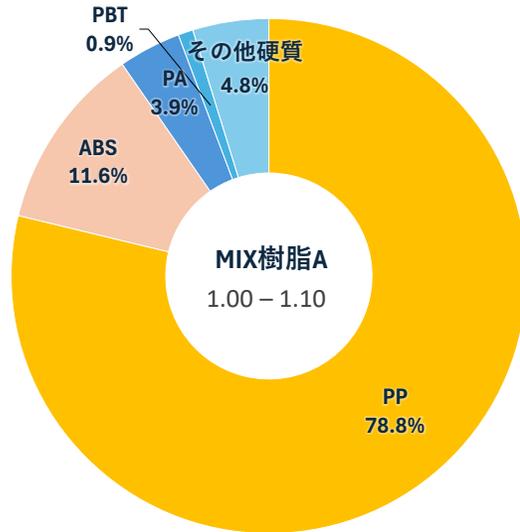
③ MIX樹脂Bの高比重域(1.23 – 1.60)からPOM、PBTを回収



(3) 全体試験

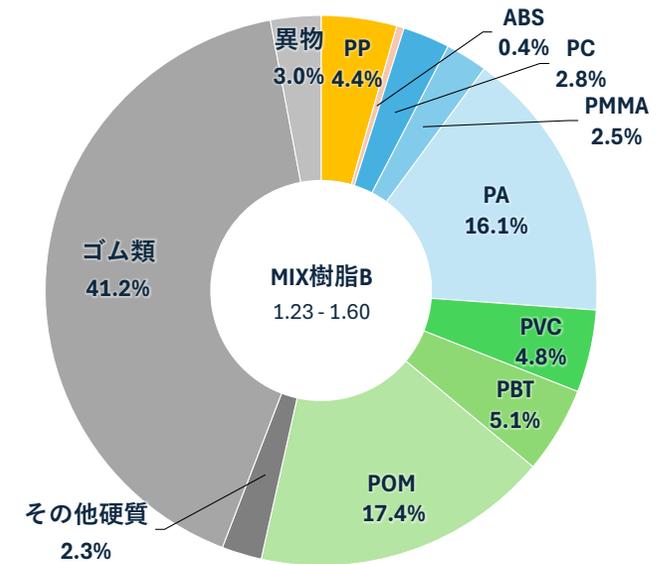
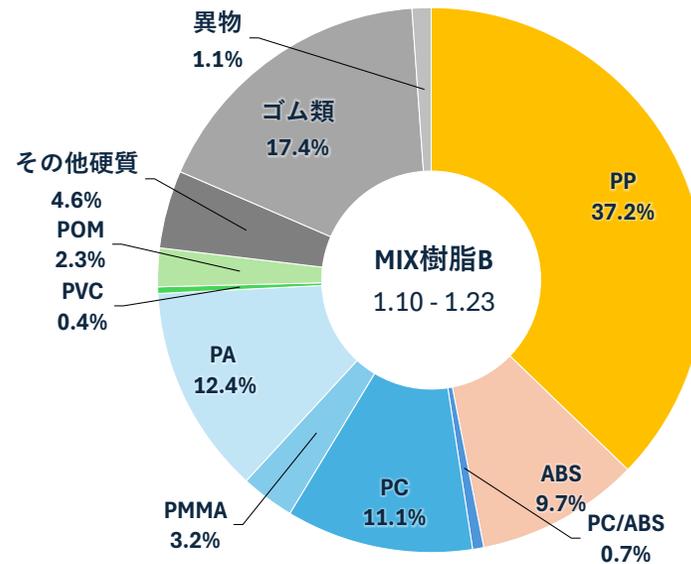
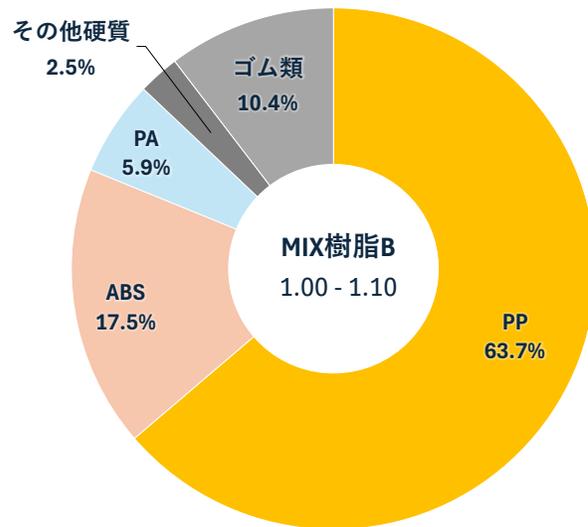
a. ジグ選別結果

MIX樹脂A



- シミュレーション結果と概ね同様の分布傾向
- 原料のばらつき大きい
- ABSが中比重域にも分布
- 運転調整による選別精度の向上や閾値の見直しを実施

MIX樹脂B



b. 静電選別結果

低比重域（1.00 – 1.10）について、静電選別を実施

MIX樹脂A

- ⊕ ABS – PC – PP ⊖ の順の帯電傾向が見られた
- PPの平均比電荷は-4.42[nC/g]、ABSの平均比電荷は10.12[nC/g]

MIX樹脂B

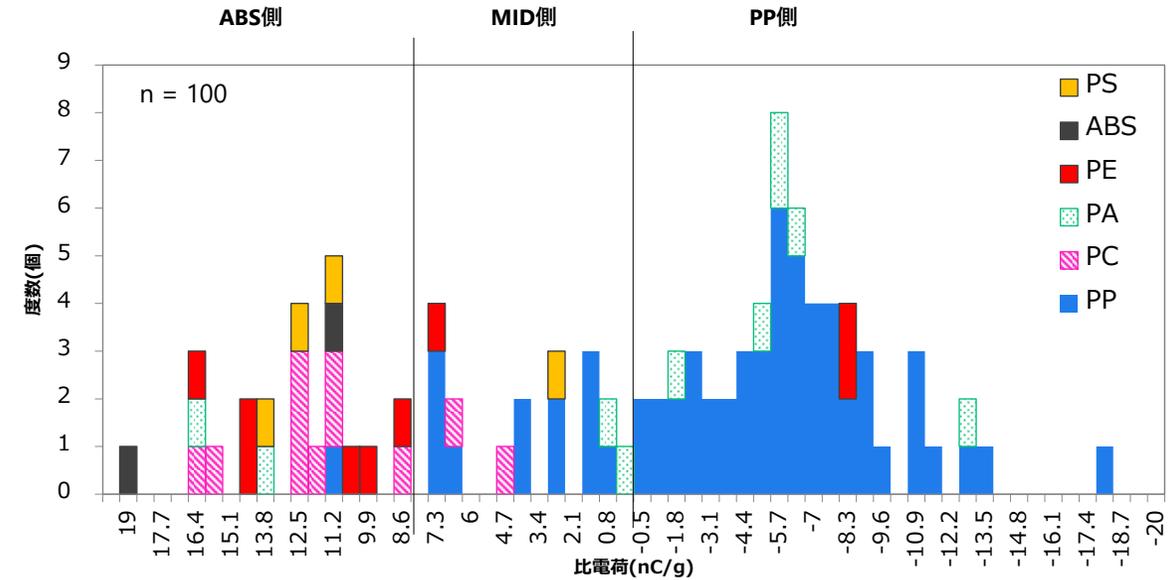
- ⊕ PA – PC – PP ⊖ の順の帯電傾向が見られた
- ・ PPの平均比電荷は-5.41[nC/g]、ABSの平均比電荷は1.26[nC/g]

回収量データ

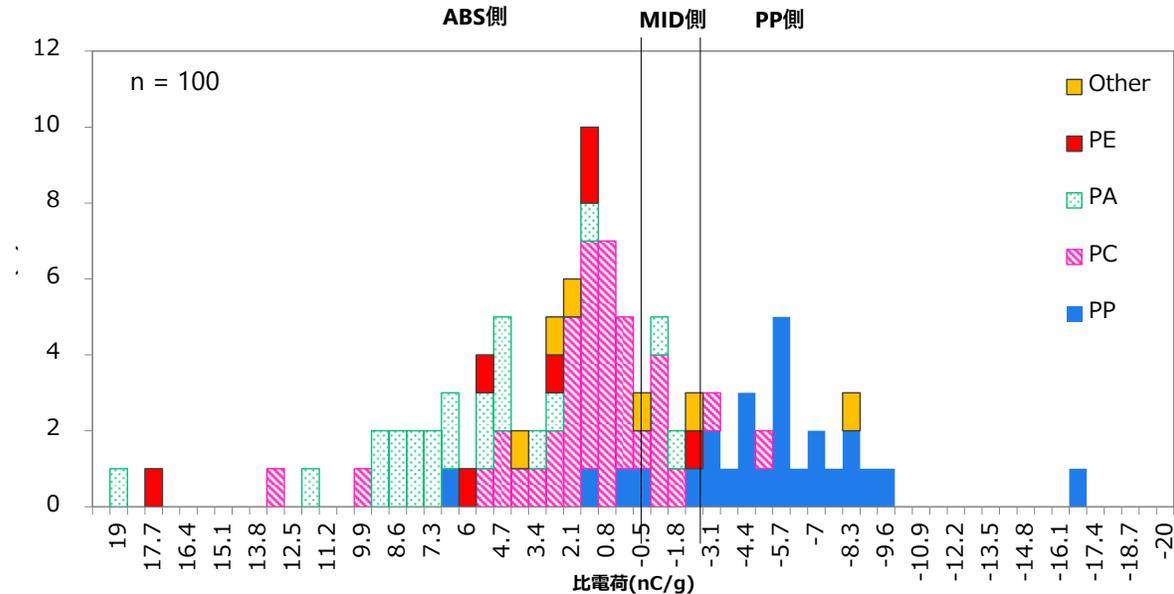
	ABS群回収量	中間物回収量	PP群回収量	合計
MIX樹脂A	3.93 kg	7.28 kg	13.19 kg	24.40 kg
MIX樹脂B	3.21 kg	6.32 kg	9.66 kg	19.19 kg

- ◆ 想定よりもABS含有量が少なかったものの、PP群とABS群に分離できた
- ◆ 赤外線選別にて純度上げを検討

帯電評価（MIX樹脂A）



帯電評価（MIX樹脂B）



c. 赤外線電選別結果

➤ 静電選別後PP、ABSの高純度化

	処理前*	処理後*	回収量/投入量
MIX樹脂A – PP	88.7 %	99.2 %	0.59
MIX樹脂A – ABS	14.7 %	88.2 %	0.11
MIX樹脂B – PP	81.7 %	98.6 %	0.54
MIX樹脂B – ABS	32.1 %	87.7 %	0.21

➤ 中比重域からのPC+PC/ABS、PAの回収

	処理前*	処理後*	回収量/投入量
MIX樹脂A – PC,PC/ABS	48.8 %	92.4 %	0.20
MIX樹脂A – PA	13.5 %	98.3 %	0.09
MIX樹脂B – PC,PC/ABS	15.1 %	87.1 %	0.07
MIX樹脂B – PA	23.7 %	97.9 %	0.11

➤ 高比重域からのPOM、PBT回収

	処理前*	処理後*	回収量/投入量
MIX樹脂B – POM	6.2 %	83.8 %	0.03
MIX樹脂B – PBT	5.7 %	81.4 %	0.02

*ソーターが判別した対象樹脂の面積割合



(4) 連側試験結果 (連続全体)

・全体フローによる回収結果

	MIX樹脂A		MIX樹脂B	
	回収率*1	純度*2	回収率*1	純度*2
PP	38%	100%	33%	98%
ABS	16%	100%	9%	100%
PC	80%	80%	28%	89%
PA	43%	96%	30%	81%
POM	-	-	14%	90%
PBT	-	-	17%	67%

*1 回収試験で回収した数量/原料分析から試算した含有量

*2 回収樹脂からランダムに抜き出した50ピースをFTIR測定した結果

・樹脂種毎のリサイクル性の評価

PP	原料中に最も多く含まれる。添加剤により広い比重域に分布する。低比重域からは高純度の回収が可能。比重 1.10 以上の領域にも分布するため、回収の検討が必要。比重域毎に物性も異なるため、再生材の使用方法の検討が必要。
ABS	比重 1.00 - 1.10 の領域に多くが分布する。この比重域においては、共存する素材種が少ない。回収試験においては、比重 1.10 以上の領域にも分布が見られた。PPとABSを主体とする原料は静電選別で高精度に分別できる。
PC	比重 1.10 - 1.23 の領域に大部分が分布する。赤外線ソーターによる回収が可能。PCとPC/ABSは混合して回収されるが、比重選別等により分離できる可能性がある。
PA	赤外線ソーターにより回収が可能。比重の分布範囲が広く、他の比重域からも回収することで、回収率を向上させられると考えられる。PAをさらに種類毎に分別することは難しいと考えられるが、選別の検討やリサイクル用途開発が必要。
POM	赤外線ソーターで高い精度で分離回収できる。リサイクル用途の検討が必要であり、用途によっては追加の選別を検討する。
PMMA	比重分布の幅が小さく中比重域に集中しており、比重選別のみで濃縮が可能。試験での赤外線ソーターによる回収は精度が低かった。

(5) 材料試験結果

・関東プラスチックリサイクル協同組合にて、ペレット化したPP樹脂の材料試験を実施。

再生PPペレット物性試験結果

試験項目	単位	検査結果	
		MIX樹脂A (1.00-1.10)	MIX樹脂B (1.00-1.10)
MFR (230°C, 2.16kg)	g/10min	11.8	21.2
密度	g/cm ³	1.06	1.04
引張降伏応力	MPa	20.3	27.1
引張破壊 呼びひずみ	%	8	5
曲げ応力	MPa	31.5	41.7
曲げ弾性率	MPa	1990	2480
Izod 衝撃強度	kJ/m ²	14.1	4.3
シャルピー 衝撃強度	kJ/m ²	14.0	4.3



PP(MIX樹脂A)



PP(MIX樹脂B)

評価結果

ペレットに巣が見られ、水分の影響により成型時にシルバーストリークが発生した。プレスシートを作成したところ未溶融の異物が確認された。

物性試験の結果をJAMAが2025年2月に公表した目標値と比較し、密度や引張破断伸びなど基準に満たない項目があったものの、**曲げ・引張強度など主要な項目においては基準値以上または同等の物性値であった。**

押出時にフィルター処理や減圧脱気を行うことで、品質の改善が見込まれる。物性値も目標値から大きく外れる項目はなかったことから、**自動車向けの再生PP原料として使用できる可能性が高い。**

事業の実施結果

- 比重選別により、対象樹脂を濃縮、異材を削減し、静電選別、中赤外ソーターにより、PP、PA、PC+PC/ABS、POM、PBTを回収することができた
- PP、ABSは、再生ペレットとして加工することが可能
- 対象としなかった樹脂や検証できていない比重域の回収により回収率の増加を見込める

事業の有効性

- 本事業においては、MIX樹脂Aから22%、MIX樹脂Bから14%の再生樹脂を回収された。これは、ASRに対し1.3%に当たる (全国 482千t/年-ASR から、6300tの回収増)
- 多種の樹脂も回収可能となることで、有効にリサイクルされていないPP含有の少ないミックスプラスチックのリサイクルが可能となる
- ジグを採用することで比重液廃液の処理や洗浄水を削減することができ、静電選別、中赤外線ソーターを組み合わせることで、効率的かつ精度の高いリサイクルを確立できる

課題と解決方法

課題	解決方法
回収品の品質向上	<ul style="list-style-type: none"> • ゴム除去等追加処理により原料品位を向上させる • PC、PA等の追加処理による純度向上を検討する
PP、ABSのリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> • 押出加工時のフィルターによる異物除去検討 • Car to Carに向けた用途開発
PC、PA、POMのリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> • 再生材の需要調査 • 追加選別による高純度化検討 • 用途開発
試験データの信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> • サンプル量、分析検体数を増やした試験を実施する
試験未実施の項目	<ul style="list-style-type: none"> • PCやPAの追加選別を検討する • 試験を実施していない比重域からの回収検討 • PMMAなどの回収検討
回収率の向上	<ul style="list-style-type: none"> • 各選別工程の最適化する • 試験未実施の比重域からの回収を検討