

プラスチック製容器包装に係る実証試験
(平成 24 年 4 月～平成 26 年 3 月実施)

報告書

平成 26 年 6 月

公益財団法人日本容器包装リサイクル協会

プラスチック容器事業部

プラスチック製容器包装に係る実証試験評価委員会

目 次

はじめに	2
1. 試験概要.....	3
1.1 試験委託先	3
1.2 試験結果の公表と評価委員会について	3
1.3 試験計画	4
2. 市町村におけるプラスチック製容器包装廃棄物の回収状況	6
2.1 回収の前提条件	7
2.2 回収実績	8
2.3 収集における環境負荷	13
2.4 回収したプラスチック製容器包装廃棄物の組成	14
3. 選別方法の検討	24
3.1 選別工程の分類と試験概要	24
3.2 選別方法別の選別結果	27
4. 価値評価.....	66
4.1 組成分析	66
4.2 機械的特性	71
4.3 ドイツの容器包装ペレットの品質（参考）	73
4.4 機械的特性と組成分析結果	74
4.5 最終選別物の販売可能性	80
4.6 コスト評価	83
5. まとめ	85
5.1 市町村における容器包装廃棄物の回収状況	85
5.2 機械的選別の可能性	86
5.3 価値評価	88
おわりに.....	89

はじめに

容器包装リサイクル法の対象となる容器包装廃棄物は、家庭から排出されるガラスびん、紙製容器包装、ペットボトル、プラスチック製容器包装の 4 種類に分類されている。このうち、プラスチック製容器包装廃棄物は他の 3 素材と比較すると以下のような特徴がある。

- ① プラスチックの種類が多く、容器包装でも個々のプラスチックの特性を活用、もしくは補完するような使い方（複合素材など）となっているが、その結果、廃棄物として回収されたときには、雑多な混合物となっている（これに対し、他のガラスびんなどの 3 つの容器包装はそれぞれ、単一素材に近い）。
- ② 形態についても、袋類やブリスター・パック、ボトルなど、様々なものがあり、異物が混入しやすい。なお、ペットボトル（さらに、清涼飲料等に限定）はプラスチック製容器の一つであるが、別分類と定められている。そのため「プラスチック製容器包装廃棄物」は「その他プラ」とも言われている。

また、容リ法では、廃棄物から、そのものが商品であったプラスチック製品や異物等を除き、容器包装の廃棄物だけを対象とするため、市町村が所管する「保管施設」において「分別基準適合物」とすることが求められている。そして、「分別基準適合物」は入札の対象となり、落札した事業者が再商品化を実施する。したがって、この落札結果によって再商品化手法が決まることになる（再商品化手法は材料リサイクルと 4 種類のケミカルリサイクル手法に限定されている）。

以上のような現状やスキームに対し、更なる環境負荷低減と社会的コストの低減を目指した検討は重要である。そして、そのためには今一度、リサイクルの対象であるその他プラの成分や分別可能性を客観的・定量的なデータとして把握することが重要であり、本実証試験を行うこととした。

1. 試験概要

本実証試験では、市民から分別排出されたプラスチック製容器包装廃棄物をそのまま持ち込み、その内容の把握を行うが、手選別等による内容分析だけではなく、機械選別を中心とした選別工程による選別を行い当該プラスチック製容器包装廃棄物がどこまで分別可能であるかを調べることとする（選別可能性試験）。さらに、最終選別物に対しては内容分析とともに価値評価を行うこととする。

1.1 試験委託先

本試験は、公募により選定した群馬県伊勢崎市（市民からの発生するプラスチック製容器包装廃棄物の収集）と株式会社エコスファクトリー（再資源化事業者）に委託して実施する。

なお、試験に参加する市町村（伊勢崎市）と再資源化事業者は、従来の指定法人ルートとの引き取り契約・覚書に代わり、日本容器包装リサイクル協会を含めた3者による契約を締結し、当該市町村からのプラスチック製容器包装廃棄物に対し、試験期間中に確実な再資源化処理がなされることを担保している。

1.2 試験結果の公表と評価委員会について

本実証試験の結果は、基本的に全て公表し、広く今後のプラスチック製容器包装リサイクルシステムの改善に向けた検討に資する情報として活用されることを想定している。公表される試験内容と結果は客観的に評価・分析されたものであることが重要と考え、外部有識者による評価委員会を設置して議論いただくこととした。

【評価委員会】

委員長 平尾雅彦（東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻・教授）
委員長代理 中谷隼（東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻・助教）
委員 藤井実（独立行政法人 国立環境研究所社会環境システム研究センター
環境都市システム研究室・主任研究員）
委員 大石美奈子（社団法人 日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会・
理事・環境委員長）
委員 山脇隆（社団法人プラスチック処理促進協会・技術開発部・部長）
→ 阪口修（一般社団法人 プラスチック循環利用協会 調査研究部長）
委員 戸上宗久（日本ポリエチレン製品工業連合会・専務理事）
委員 他機器メーカー2名
事務局 伊勢崎市 環境部 環境政策課（市町村）
株式会社エコスファクトリー（再生資源化事業者）
公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会・プラスチック容器事業部

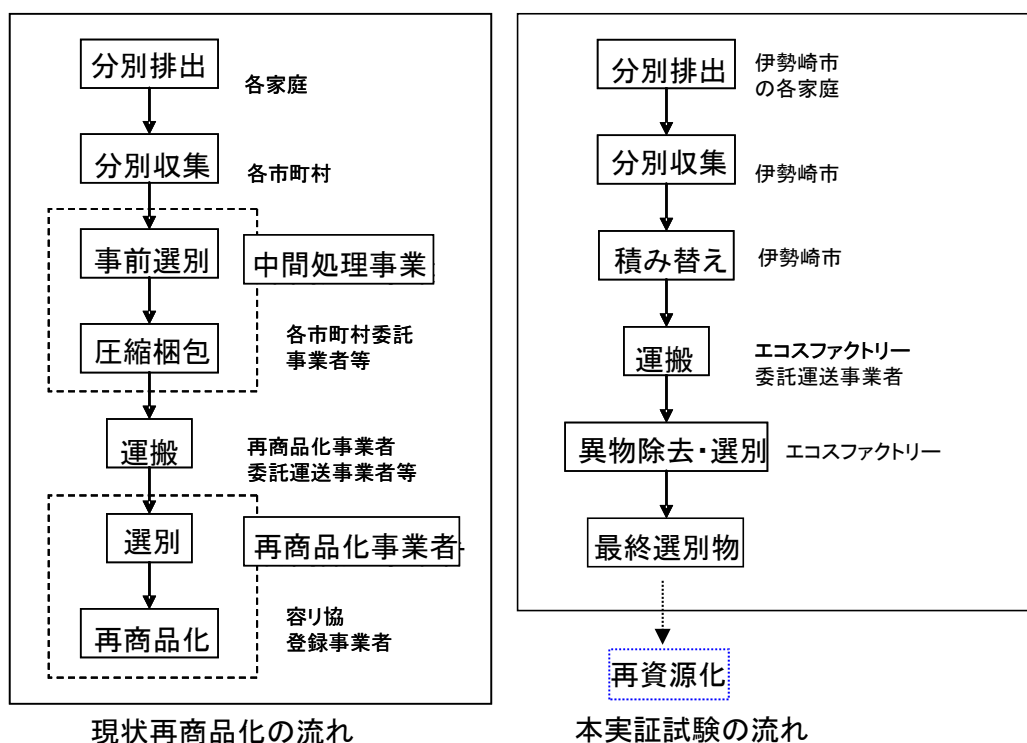
1.3 試験計画

実証試験は、H24年4月からH26年3月まで2年間実施した。前期（4月～9月）をPhase Iとして、収集物の構成比調査と光学選別機による選別可能性試験を目的に実施する。

後期（H24年10月～H26年3月）をPhase IIとし、Phase Iで得られた選別可能性試験の結果から選定した選別条件に関して、品質向上・回収率向上に向けた詳細条件（自動選別機センサー感度等）を決め、実現可能で効率のよい選別方法を検証する。また、この選別条件のもとで得られた選別物について、再生資源（材料リサイクル向け／ケミカルリサイクル向け）としての評価を実施し、費用対効果と環境負荷低減の可能性を示す。

【実証試験規模】

群馬県伊勢崎市が収集するプラスチック製容器包装廃棄物 約500トン／年



本評価委員会は、計8回実施した。また、試験実施後検討・見直しが必要な場合は、委員によるワーキンググループ（WG）を実施しており、2012年6月と2012年9月に2回を開催している。ここで検討された事項については、評価委員会にて再度検討・確認を行い、実証試験に反映されている。

＜委員会実施日程と検討概要＞

委員会	日程	委員会提示資料・検討項目等
第 1 回	2012 年 3 月 22 日	・ 委員会開催要領の説明 ・ 「試験計画」の説明、検討 ・ 今後の予定
第 2 回	2012 年 6 月 4 日	・ 現地における処理実施状況確認 ・ 「実証試験」開始状況報告 ・ データ取得、評価方法に関する検討
WG1	2012 年 6 月 14 日	・ 第 2 回委員会の議論を踏まえた試験計画・条件の一部見直し
第 3 回	2012 年 8 月 21 日	・ 実証試験見直し内容検討・確認 ・ 「実証試験」実施状況報告
WG2	2012 年 9 月 4 日	・ 中間取りまとめ方針の確認 ・ 後期試験にむけた課題整理
第 4 回	2012 年 10 月 4 日	・ 中間取りまとめ
第 5 回	2013 年 1 月 18 日	・ 進捗報告 ・ データ評価
第 6 回	2013 年 4 月 19 日	・ H24 年度とりまとめについての検討 ・ 今後の予定等
第 7 回	2013 年 8 月 1 日	・ 進捗報告 ・ 今後の試験計画等
第 8 回	2014 年 3 月 27 日	・ 最終報告書とりまとめ

2. 市町村におけるプラスチック製容器包装廃棄物の回収状況

試験対象とする市町村である伊勢崎市は、群馬県の中央部に位置している。平成 17 年には伊勢崎市、赤堀町、東村、境町の 4 市町村が合併し、現在は人口 21 万人の特例市である。大都市近郊である立地から、近郊農業も盛んで農業生産も多い地域である。また、近年は利便性の高い幹線道路網の特性を活かし、製造業、大規模商業施設が進出しており、商工業が盛んとなっている。

伊勢崎市は、平成 20 年度より指定法人への引渡しを行っており、プラスチック製容器包装廃棄物の収集量は、500 t / 年程度である。市民が分別排出するプラスチック製容器包装廃棄物は、各地域の収集ステーションに排出され、市では週 1 回の地域ごとに定めた曜日に収集している。

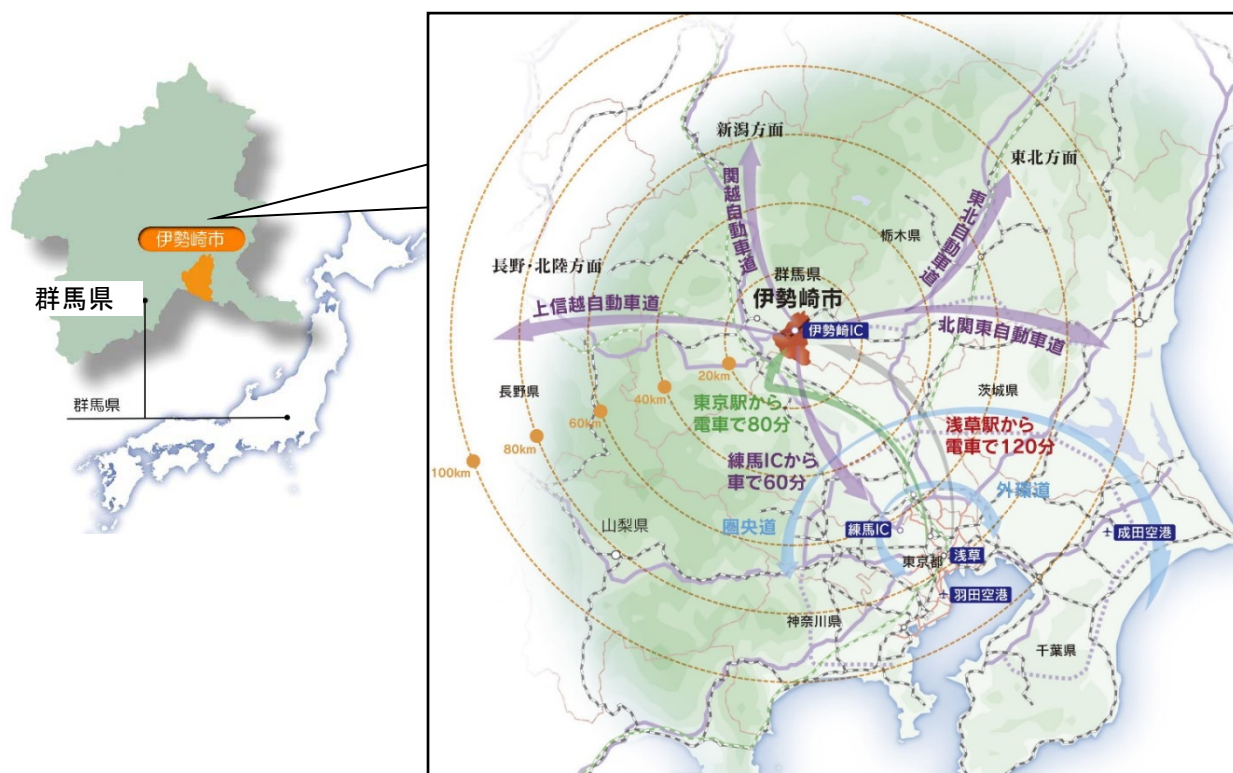


図 2-1 群馬県伊勢崎市の所在と立地状況

2.1 回収の前提条件

(1) 収集対象地域

表 2-1 のとおり、分別収集対象地域を 4 つのブロックに分け、ブロック別に週 1 回収集している。これらの地域のほか、平成 17 年に合併した赤堀町（赤堀地区）では、プラスチック製容器包装廃棄物の分別収集を行っておらず、全域では容リプラの分別収集は行っていない。

表 2-1 プラスチック製容器包装廃棄物の収集日と各地域の特徴

ブロック	収集日	地区名	地域特徴
A	月曜日	北地区	合計人口はもっとも少ないが、住宅団地もありブロック全体の人口密度は高い。
		三郷地区	JR伊勢崎市駅周辺の商業・業務地域・区画整理事業実施中
			郊外型GMSの進出や住宅団地開発が進み、人口が増加している。
B	火曜日		住居中心で人口が多い
		殖蓮地区	農村集落が中心
		豊受地区	住居地域が中心、農地も多い
C	木曜日	あずま地区(南部)	農村集落中心であり、農地が多い
			市街地、住居地域を含み最も対象人口が多い
		南地区	人口が多く、商業地域であり、市の中心地である。
		茂呂地区	中心地に近く、農村集落を軸に市街化された地域。最近郊外型店舗も増えている。
		宮郷地区	農村集落が中心だが、工業団地も造成予定。西部区域は市内でもっともにぎやかな商業地域となり、発展している。
		あずま地区(北部)	宅地が進んでいるが、現在は、農地が多い。
D	金曜日	境地区(境・島村・東地区)	境駅周辺の商業地域
			農村集落からなっており、人口密度は最も低い
		名和地区	住居地域が中心となっている。農地も多い。
		境地区(采女・剛志地区)	住居・商業地域

(2) 排出方法

市民は、プラスチック製容器包装廃棄物を資源物としてビン・缶・ペットボトル・古紙などと同じ曜日に週 1 回、各地域のゴミステーションに排出する。

(3) 収集作業

ステーションからの収集作業は、伊勢崎市内の一般廃棄物処理業者 8 社からなる「伊勢崎市環境事業協同組合」が担当しており、各社が担当地域を分担して収集にあたっている。

(4) 収集車両

4 t パッカー車を各地域のステーションに配車し、プラスチック製容器包装廃棄物を単品収集している。収集作業員数は、1 台に 2 名が乗車し作業を行う。

(5) 収集データ

収集データは、収集担当各社から毎月月報により、表 2-2 に上げたデータが伊勢崎市に毎月報告される。

表 2-2 収集関連データ

基礎データ		月次データ	
地域別	人口	地域別	収集量
	世帯数		車両稼働台数
	面積		作業人員
	回収ステーション数		作業時間
	収集ルート距離		走行距離
	使用車両の積載量		燃料使用量
	地域特記事項		その他特記事項 (取り残し、禁忌品等)

2.2 回収実績

(1) 地区毎の回収実績

2年間の収集実績（表 2-3、表 2-4）と各指標の状況（表 2-5、表 2-6）を以下に示す。
平成 24 年度の収集量は 517.4t、平成 25 年度の収集量は 509.8t で、平成 23 年度の協会への引渡し実績 511.2t とほぼ同程度の実績であった。

表 2-3 収集車両報告データ集計（平成 24 年度）

ブ ロ ッ ク	収集地区	稼働台数 (台)	収集量 (t)	走行距離 (km)	燃料 使用量 (l)	作業人 員数 (人)	述べ作 業時間 (h)
A	北地区・三郷地区	104	91.1	4,755	1,584	208	578.0
B	殖蓮地区・豊受地区・ あずま地区（南部）	283	138.5	10,804	3,909	566	1,114.6
C	南地区・茂呂地区・宮郷地区・あ ずま地区（北部）・境地区（境・ 島村・東地区）	441	214.2	21,604	8,079	882	1,688.6
D	名和地区・境地区（采女・剛 志地区）	169	73.5	7,853	2,686	338	536.5
	合 計	997	517.4	45,017	16,257	1,994	3,917.5

表 2-4 収集車両報告データ集計（平成 25 年度）

ブ ロ ッ ク	収集地区	稼働台数 (台)	収集量 (t)	走行距離 (km)	燃料 使用量 (l)	作業人 員数 (人)	述べ作 業時間 (h)
A	北地区・三郷地区	105	91	4,761	1,584	214	607.0
B	殖蓮地区・豊受地区・あずま地区（南部）	285	137	10,896	4,042	570	1106.2
C	南地区・茂呂地区・宮郷地区・あずま地区（北部）・境地区（境・島村・東地区）	425	208	20,555	13,075	850	1631.9
D	名和地区・境地区（采女・剛志地区）	177	73	7,692	3,154	354	540.6
	合 計	992	510	43,904	21,855	1,988	3885.8

表 2-5 各指標の地域別状況（H24 年度計）

ブ ロ ッ ク	地区名	人口	地区 面積 (k m ²)	人口 密度 (人/ k m ²)	1 人当 収集量 (kg 人)	車両 燃費 (km/l)	1 台当 走行距 離 (km/台)	1 回出動 作業時間 (h/台)
A	北地区・三郷地区	24,186	11.8	2,053	3.77	3.0	45.7	5.6
B	殖蓮地区・豊受地区・あずま地区（南部）	52,930	30.1	1,756	2.64	2.8	38.2	3.9
C	南地区・茂呂地区・宮郷地区・あずま地区（北部）・境地区（境・島村・東地区）	78,213	43.5	1,796	2.71	2.7	49.0	3.8
D	名和地区・境地区（采女・剛志地区）	33,642	29.5	1,141	2.20	3.0	46.5	3.2
	合計	188,971	115.0	1,644	2.74	2.8	45.2	3.9

表 2-6 各指標の地域別状況（H25 年度計）

ブロック	地区名	人口	地区面積 (k m ²)	人口密度 (人/ k m ²)	1 人当 収集量 (kg 人)	車両 燃費 (km/l)	1 台当 走行距 離 (km/ 台)	1 回出動 作業時間 (h/台)
A	北地区・三郷地区	24,072	11.8	2,043	3.80	3.0	45.3	5.7
B	殖蓮地区・豊受地区・あずま地区（南部）	53,014	30.1	1,759	2.58	2.7	38.2	3.9
C	南地区・茂呂地区・宮郷地区・あずま地区（北部）・境地区（境・島村・東地区）	78,350	43.5	1,799	2.66	1.6	48.4	3.8
D	名和地区・境地区（采女・剛志地区）	33,487	29.5	1,136	2.18	2.4	43.5	3.1
	合計	188,923	115.0	1,644	2.70	2.7	44.3	3.9

（２）各収集地域の特徴と一人当たりの年間排出量

平成 24 年度、平成 25 年度とも一人当たりの排出量でみると、A 地区の収集量が多かったり、D 地区の収集量が多かったりという結果となった。本実証試験における伊勢崎市一人当たりの排出量は、平成 24 年度は 2.74kg/人・年、平成 25 年度は 2.70 kg/人・年となり、ほぼ同程度の実績であった。

（参考：H23 群馬県内市町村の一人当たりの協会引渡実績 3.24kg/人・年）

表 2-7 各収集地域の特徴と一人当たりの年間排出量

ブロック	地区名	地域特徴	一人当排出量 (H24 年度) (kg/人・年)	一人当排出量 (H25 年度) (kg/人・年)
A	北地区・三郷地区	人口はもっとも少なく、農村集落が中心。人口密度は高い。	3.77	3.80
B	殖蓮地区・豊受地区・あずま地区（南部）	町村合併でもっとも遅く容りの分別収集を始めた地域	2.64	2.58
C	南地区・茂呂地区・宮郷地区・あずま地区（北部）・境地区（境・島村・東地区）	人市街地、住居地域を含み最も対象人口が多い	2.71	2.66
D	名和地区・境地区（采女・剛志地区）	農村集落が中心であり、町村合併により、伊勢崎市となった地域を含む。人口密度は低い。	2.20	2.18
合 計			2.74	2.70

伊勢崎市の平成 24 年度の 2.74 kg/人・年、及び平成 25 年度の 2.70 kg/人は、全国の人口規模別の実績からみると、伊勢崎市と同規模の市町村が協会に引き渡した量である 7.46kg/人・年程度（参考 1）を大きく下回っている状況である。

参考 1. H23 年度人口規模別一人当たり排出量 (kg/人・年)

人口区分	実績排出原単位
100 万以上	9.21
30 万以上 100 万未満	7.62
10 万以上 30 万未満	7.46
5 万以上 10 万未満	5.97
5 万未満	6.49
全国平均	7.86

（３）一人当たりの月別排出量の推移

図 2-1、図 2-2 にブロックごとの一人当たりの月別排出量の推移を示した。A ブロックは人口密度が高いことと、回収が休日明けの月曜日となっていることから、最も排出量が多くなったと見られる。2 月に全ブロック少なくなっているが、これは日数が少ないことと、平成 25 年度は更に大雪の影響による回収回数の減少が影響したと見られる。

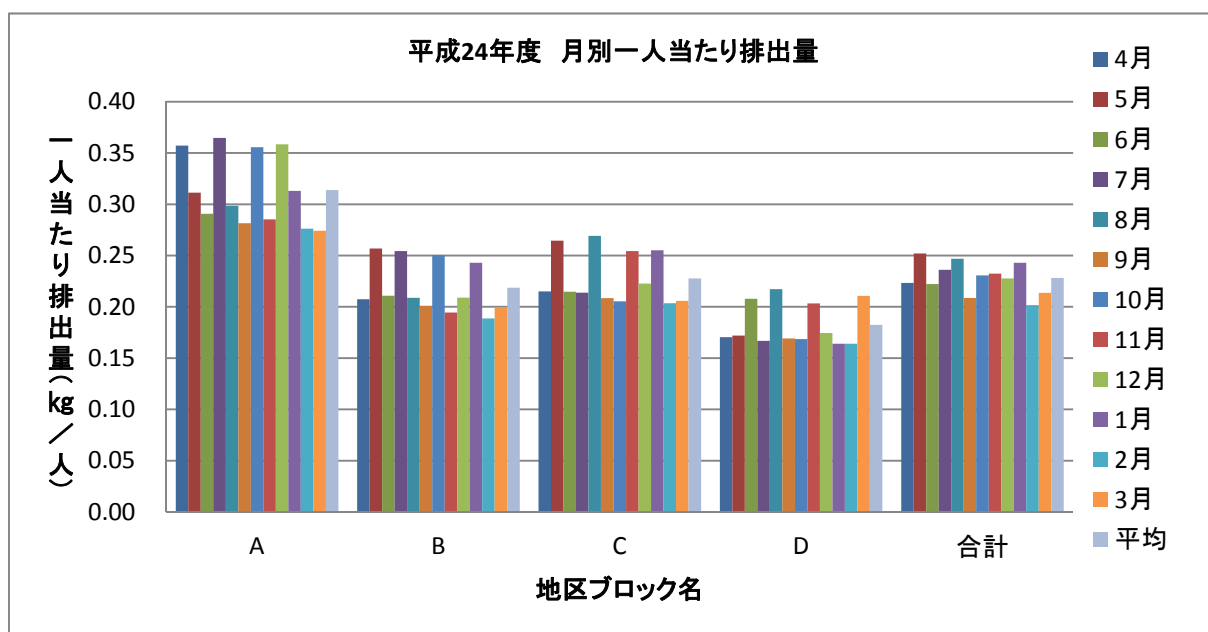


図 2-2 平成 24 年度 月別一人当たり排出量

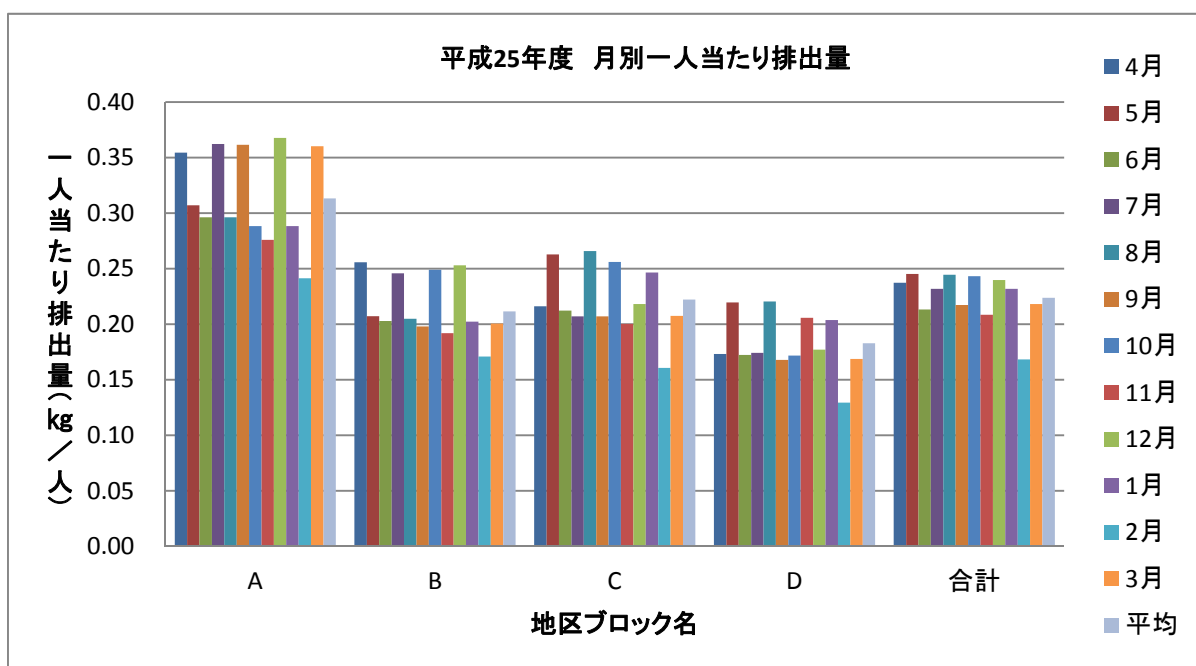


図 2-3 平成 25 年度 月別一人当たり排出量

(4) 収集状況に関する伊勢崎市へのヒアリング結果について

①収集量に関して

- ・プラスチックごみの一人当たり収集量は、伊勢崎市でも全国平均を下回っているが、群馬県全体でも全国平均を下回っているのが現状である。
(群馬県の H23 年度実績：3.22 kg/人・年)
- ・伊勢崎市では、プラスチックごみの分別収集を赤堀地区以外の地域で実施しているが、地区による収集量の差が大きく、特に B ブロックの豊受・東、C ブロックの茂呂・南、D ブロックの名和地区の収集量が少ない。
- ・ステーションのごみ袋を観察すると、どの袋もいっぱいに詰まっており、中途半端に集めている市民は少なく、集めているか集めていないかのどちらかのようなものである。
- ・今後は、収集量の少ない地区を重点にプラごみの分別指導を強化する予定である。

② 異物・禁忌品に関する情報

- ・収集段階で除外した禁忌品等の記録情報は収集事業者からはなかったが、収集業者に確認した所、ペットボトルやプランターやバケツなどがみられたとのこと。
- ・プラごみを分別している市民は、ルールを守って出しており、収集段階で取り残しは少なくなっている。

2.3 収集における環境負荷

(1) 実証試験前の中間処理（選別保管）施設について（参考）

市が収集したプラスチック製容器包装廃棄物は、伊勢崎市のストックヤードに集積され、処理施設に輸送される。平成 23 年度までは、中間処理（選別保管）を栃木県下野市の事業者が実施していたが、今回の実証試験では、㈱エコスファクトリーとストックヤードの運送距離は、大幅に縮小されている。

【H23 年度中間処理施設】

・場 所 : 栃木県下野市
・距 離 : 67 k m
・所要時間 : 2 時間

【H24 実証試験】

⇒ 埼玉県本庄市
⇒ 24.8 k m
⇒ 1 時間

(2) 収集に関する環境負荷量

今回の実証試験開始に伴い、伊勢崎市では各清掃社に収集車両の燃料使用量の把握を依頼している。平成 24 年 4～平成 26 年 3 月の各収集地域収集で使用した車両燃料を集計し、収集量 1 トン当たりの CO₂ 排出量を算出した。（省エネ法告示、地球温暖化対策推進法施行令・省令より算出）

・収集量 1 トン当たり 82.3kg-CO₂/t

(3) 圧縮梱包業務における環境負荷量

今回の実証試験では、従来市町村が実施していた中間処理業務と、再商品化事業者が実施していた再商品化業務を同時に実施した。そのため、従来中間処理業務時にかかっていた表 2-8 の設備にかかる環境負荷が削減できたとみなせる。

東京電力の二酸化炭素排出原単位（京都メカニズムクレジット等反映前）0.525kg-CO₂/kwh であるため、負荷率を 40%として処理 1 t 当たりの CO₂排出量を算出した。

・処理量 1 トン当たり 12.3kg-CO₂/ t

表 2-8 中間処理設備の設備電力

名称	定格	処理量当り
解梱機	7.5kw	7.5kwh/t
手選別コンベヤ	2.2kw	2.2kwh/t
搬送コンベヤ	3.7kw	3.7kwh/t
圧縮梱包機	45.0kw	45.0kwh/t
合計	58.4kw	58.4kwh/t

2.4 回収したプラスチック製容器包装廃棄物の組成

(1) 試験方法詳細

回収したプラスチック製容器包装廃棄物（以下「回収プラスチック」という）は表2-9のように分類した。分類方法は、人手により一点ずつ識別表示、材質表示による分類を行い、この方法で判断できないものは、目視や指触等の知覚情報により判断した。

- ・ サンプル量：60kg/月
- ・ サンプル回収方法：第1月曜～金曜日（水曜日は除く）に、各日約15kgを無作為かつ破袋等の処理をせずに回収した。
- ・ 実施回数：12回（2012年4月～2013年3月まで月1回実施）
- ・ 構成比※分析方法：表2-9に基づく選別を実施し、各フラクションの重量を測定した。材質選別の判断基準は、①組成表示の視認②手触りの順とし、複合素材については、組成表示（アンダーバー）からもっとも含有量が多いものを主材質とした。表示がない場合は、用途（同一用途の他商品の表示）から可能な限り推測した。汚れについては、簡単に落として計量した。不明な場合はその他とした。

※構成比：上述のように化学分析等によらない組成の同定を行った。そのため、これらの測定結果は、厳密な意味での「成分率」や「組成%」とは異なる。そこで、Phase I の試験結果ではこれらの用語に代えて、「構成比」と言う言葉を用いることとする。

なお、PE や PP 等の樹脂名称（略号）も同様の対応を行う（P13 にて詳述する）。

表 2-9 回収プラスチックの構成比の分析方法＜分類項目と判定方法＞

材質	形状	用途	その他	判定方法	
				① 視覚情報	③ 触覚情報
PE	フィルム類	商品の袋	複合あり		やわらかい
			複合なし		やわらかい
		販売店の袋(レジ袋)			やわらかい
		指定収集袋			やわらかい
		その他			やわらかい
	ボトル類			成形方法	
	チューブ類		複合あり		
			複合なし		
	トレー類				
	カップ類				
	キャップ類				やわらかい
	製品プラスチック				
	その他				
PP	フィルム類	商品の袋	複合あり		やや硬い
			複合なし		やや硬い
		その他			やや硬い
	ボトル類				
	チューブ類		複合あり		
			複合なし		
	トレー類		黒色		
			黒色以外		
	カップ類				われにくい
	キャップ類				PET ボトルのキャップは全て PPとして計量
	製品プラスチック				
	その他				
PS	フィルム類				シャカシャカする
	ボトル類			乳飲料の容器	
	トレー類	発泡			
		非発泡	透明		シャカシャカし、割れる
			その他		シャカシャカし、割れる
	カップ類				割れる
	製品プラスチック				
	その他				
PET	フィルム類				
	ボトル類			成形方法	
	トレー類				割れない
	その他				
PVC	フィルム類				伸びない
	製品プラスチック				
	その他				
その他					

※本分析、分類方法は後述する選別可能性試験でも適用する。

※視覚情報については、組成表示以外での判別方法についてのみ記載する。

【参考】樹脂略号の説明(容器包装への適用が多い樹脂の組成表示と主な特徴)

樹脂略号	材質(樹脂)名	特長	主な用途 ()内は容器以外
PE	HDPE(高密度ポリエチレン)	耐水・耐薬品性に優れ、白っぽく不透明。	包装材、ボトル、キャップ
	LDPE(低密度ポリエチレン)	透明、強靱で柔らかく伸びやすい。	包装材、(農業用フィルム)
PP	(ポリプロピレン)	比重が小さく、耐熱性、剛性に優れる。	包装材、食品容器、(自動車部品、日用品)
PS	(ポリスチレン)	透明な一般用や耐衝撃性を付与したグレード、および発泡材がある	食品トレイ、食品容器、(家電部品)
PET	(ポリエチレンテレフタレート)	透明性、ガスバリア性に優れる。	ボトル、トレイ、食品容器
PVC	(ポリ塩化ビニル)	燃えにくく、光沢・印刷性に優れる。	ラップフィルム、(パイプ、電線被覆)
PVDC	(ポリ塩化ビニリデン)	無色透明、耐薬品性、ガスバリア性に優れる。	食品用ラップ、ハム・ソーセージケーシング
EVAC(EVA)	(エチレン-酢酸ビニル樹脂)	ゴム弾性、接着性に優れる。	ストレッチフィルム、コーティング材、(農業用フィルム)
EVOH	(エチレン-ビニルアルコール樹脂)	酸素遮断性に優れる。	食品容器包装材、(ガソリンタンク)
PA	(ポリアミド:ナイロン)	衝撃性、耐油性、耐熱性に優れる。	食品包装材、(自動車部品)
M	(メタル:金属) 容器包装の材質表示の際、使用される記号。 包装材の防湿、遮光などの目的で貼り合わせて利用されることがある。 代表的なものとしてアルミ箔がある。		

※樹脂略号ならびに材質(樹脂名)はJISに準拠。ただし一部、よく使われる呼称等も併記した。
 ※PE(ポリエチレン)は、主なHDPE(高密度ポリエチレン)とLDPE(低密度ポリエチレン)に分けてある。
 ※「主な用途」は単独ではなく、他の樹脂等と複合(積層)して用いられる場合も含む。
 ※材質(樹脂)の特徴等詳しくは、日本プラスチック工業連盟の「こんにちがプラスチック」等をご参照ください。
<http://www.ipif.gr.jp/00plastics/plastics.htm>

※ Phase I では、化学分析や価値評価等は未実施(Phase II で予定)である。回収プラスチック種類の判定や選別実験による各選別物の見極めは、目視、指触などの知覚情報、および光学選別機による分別結果等によっている。従って、各樹脂構成物の名称は「その樹脂種が主成分と考えられる混合物」である。このため、本報告では、化学分析等による純粋な樹脂の名称と区別するため、選別物の表示を **PE**、**PP**、**PS**、**PET**、**PVC** 等のように**斜体**で示すこととする(P13に説明した「※構成比」も参照)。

（２）回収プラスチックの構成比分析結果

回収したプラスチックのうち、毎月約 60kg を回収して人手によって材質毎に分別した。分別した結果をもとに、①材質別の構成比分布、②形状別の割合を調べた。

① 材質別の構成比分布

PE、*PP* 等の各材質の構成比の年間平均値は、*PE* 24~31% (平均 27%)、*PP* 25~35% (平均 30%)、*PS* 18~24% (平均 22%)、*PET* 14~20% (平均 16%)、*PVC* 1%、その他 2~7% (平均 4%) となった。その他の中には、紙類や金属が含まれていた。材質別の構成比分布の推移を表 2-10 及び図 2-3 に示す。

表 2-10 材質別の構成比分布（2012 年 4 月～2013 年 3 月）

材質	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	平均
<i>PE</i>	26%	25%	27%	27%	24%	26%	26%	28%	29%	29%	31%	30%	27%
<i>PP</i>	32%	35%	29%	33%	27%	31%	25%	29%	28%	28%	29%	28%	30%
<i>PS</i>	18%	21%	22%	18%	24%	20%	24%	23%	21%	23%	22%	22%	22%
<i>PET</i>	19%	17%	16%	17%	17%	18%	20%	15%	16%	14%	14%	15%	16%
<i>PVC</i>	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%
その他	4%	2%	6%	3%	7%	4%	4%	4%	5%	5%	3%	4%	4%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

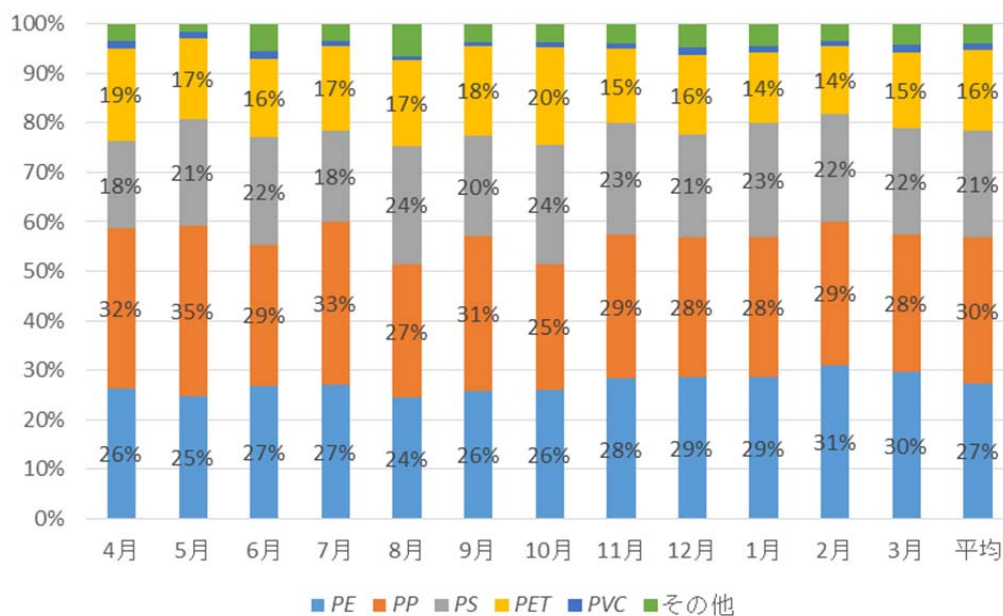


図 2-4 材質別の構成比分布

次に、*PE*、*PP*等それぞれの材質中にどのような形状のものが含まれているか調べた。

*PE*は83.9%がフィルム類、*PP*は50.9%がフィルム類、41.7%がトレー類、カップ類、キャップ類の硬質のプラスチック、*PS*は80.0%がトレー類(写真2-1)、ボトル類は4.9%含まれていた(写真2-2)。*PET*は78.2%がトレー類であった(写真2-3)、ボトル類は21.5%含まれていた。ボトル類の用途は飲料系、調味料、洗剤用とさまざまだった。(写真2-4)。*PVC*は75.3%がフィルム類であった(写真2-5)。

材質別の形状比率を図2-4に示す。

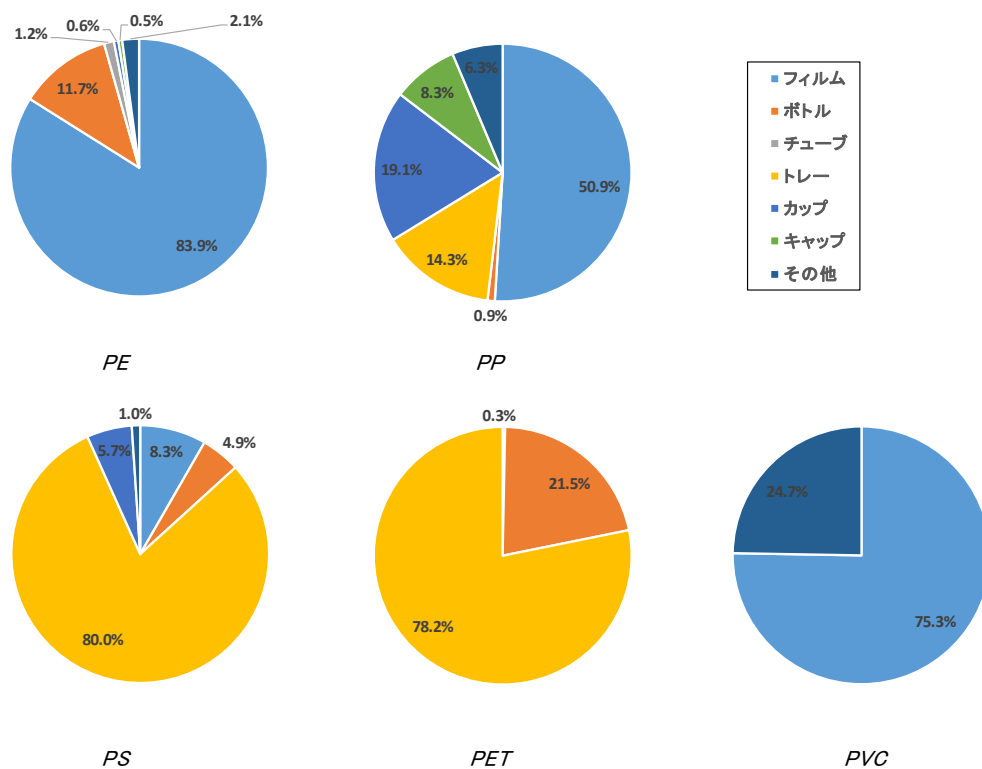


図 2-4 材質別形状比率



写真 2-1 PSトレー



写真 2-2 PS 乳製品の容器



写真 2-3 PETトレー類



写真 2-4 PETボトル類



写真 2-5 PVCフィルム類

② 形状別の割合

フィルム類、トレー類等の形状別の割合について調べた。

形状別の年平均では、フィルム類が 41%、トレー類が約 34%、それ以外については 25% だった。フィルム類については 6 月～10 月にかけて少なくなり、ボトル類、カップ類で増える傾向があった。

表 2-11 形状別の構成比分布（2012 年 4 月～2013 年 3 月）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均
フィルム類	42%	42%	38%	38%	36%	38%	38%	42%	43%	42%	46%	44%	41%
ボトル類	6%	8%	10%	13%	9%	10%	8%	6%	8%	6%	6%	7%	8%
チューブ類	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
トレー類	36%	34%	32%	30%	33%	33%	38%	36%	33%	36%	35%	35%	34%
カップ類	3%	8%	9%	12%	8%	10%	6%	5%	5%	6%	6%	5%	7%
キャップ類	6%	3%	2%	2%	3%	2%	2%	3%	2%	2%	1%	2%	3%
製品プラスチック	2%	3%	3%	1%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	2%
その他	5%	2%	6%	4%	7%	4%	6%	5%	6%	5%	5%	6%	5%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

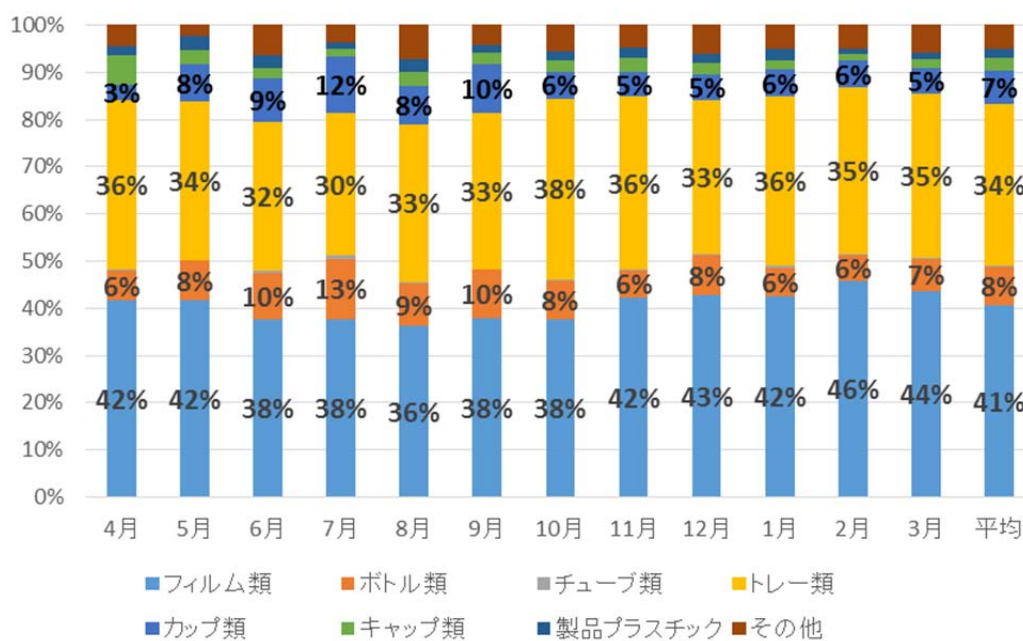


図 2-5 形状別の構成比分布

次に、それぞれの形状にどのような材質の樹脂が含まれているかを調べた。

フィルム類は 56%が *PE*、37%が *PP*であった。トレー類は、50%が *PS*、37%が *PET*あった。カップ類は 80%が *PP*、キャップ類は 95%が *PP*であった(ただし、PET ボトルのキャップについては全て *PP*に分類している)。

形状別の構成比を図 2-6 に示す(なお、フィルム、トレー類については内容詳細も示す)。

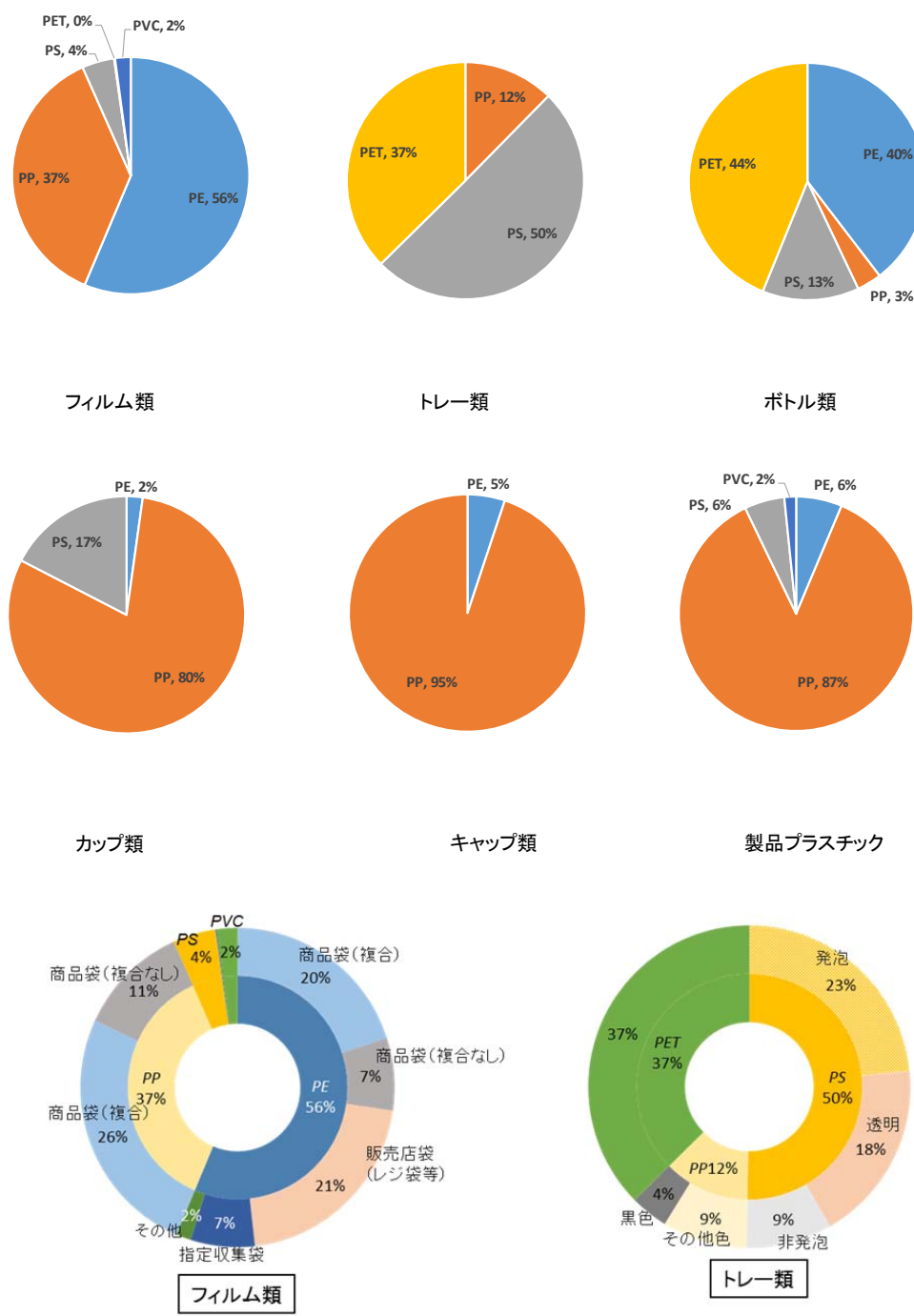


図 2-6 形状別の構成比 (平均)

③ 回収プラスチックの異物分析結果

回収プラスチックに含まれている異物のうち、概ね 30cm 以上のものを事前に取り除き、その内訳について分析した。また、30cm 以下のものについては、(1)の構成比調査時に分析した。尚、2012 年 7 月以降は、工程変更により事前選別を行っていない。

30cm 以上の異物については、対象となった数量 121,940kg に対して異物として確認された数量は 653kg であった(比率にして 0.54%)。内訳としては、大部分がプラスチック以外の異物であり、金属が最も多く含まれていた(比率にして 0.20%)。(写真 2-6 参照)

30cm 以下の異物については、対象となった数量 167,096g に対して異物として確認された数量は、9,745g であった(比率にして 5.8%)。製品プラスチック及びプラスチック以外の異物の割合は半々程度であった。異物の中には金属類や紙類が含まれていた。(写真 2-7、写真 2-8 参照)

異物の分析結果を表 2-12、2-13 に示す。

表 2-12 異物分析結果 30cm 以上 (4～6 月)

※比率は、対象数量の割合を示す。

分類		4月		5月		6月		合計 (4～6月)	
		重量(kg)	比率	重量(kg)	比率	重量(kg)	比率	重量(kg)	比率
製品プラスチック		18.0	0.04%	21.0	0.05%	36.5	0.09%	75.5	0.06%
プラスチック以外の異物	金属等	148.0	0.37%	54.0	0.13%	41.0	0.10%	243.0	0.20%
	紙	0.0	0.00%	12.0	0.03%	33.5	0.08%	45.5	0.04%
	その他	134.5	0.33%	103.0	0.25%	51.5	0.13%	289.0	0.24%
合計		300.5	0.75%	190.0	0.45%	162.5	0.41%	653.0	0.54%
対象数量(kg)		40,280		41,830		39,830		121,940	



写真 2-6 30cm 以上の異物

表 2-13 異物分析結果 30cm 以下 (5～7 月)

※比率は、対象数量の割合を示す。

分類		5月		6月		7月		合計 (5～7月)	
		重量(g)	比率	重量(g)	比率	重量(g)	比率	重量(g)	比率
製品プラスチック		2,175	3.6%	1,365	2.8%	895	1.6%	4,435	2.7%
プラスチック以外の異物	金属等	0	0.0%	1,540	3.1%	900	1.6%	2,440	1.5%
	紙	490	0.8%	680	1.4%	210	0.4%	1,380	0.8%
	その他	155	0.3%	555	1.1%	780	1.4%	1,490	0.9%
合計		2,820	4.7%	4,140	8.4%	2,785	4.8%	9,745	5.8%
対象数量 (g)		60,250		49,306		57,540		167,096	

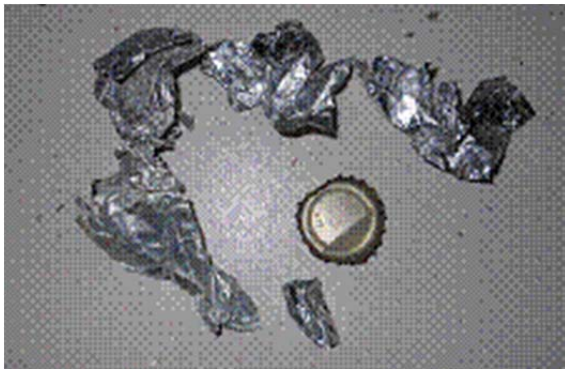


写真 2-7 金属類



写真 2-8 紙類

3. 選別方法の検討

3.1 選別工程の分類と試験概要

光学選別機による選別試験は、最終選別物を何種類回収するかによって選別工程を Mode1～Mode7 に分類した（表 3-1）。材料リサイクル向けの選別の想定では Mode4 を本試験全体の基本モードと位置づけ、これを 3 回繰返し実施した。各試験は、事前に十分ほぐされたサンプルを約 1t 用意し、約 1 時間かけて光学選別を実施、最終選別物毎の回収量（分配率）とターゲット材質の構成比、回収率を計測した（分配率、構成比、回収率の定義については図 3-1 参照）。回収量（分配率）は供試量の全量を回収・測定したが、構成比、回収率については各最終選別物から約 10kg のサンプルを回収し、それぞれ材質別形状別（表 2-9）に分類して集計/算出した。

表 3-1 選別工程の分類と最終選別物

選別工程 (Select Mode)	光学選別機による最終選別物の材質							
	PE		PP		PS		PET	PVC
Mode1	混合品							
Mode2	混合品				○			
Mode3	単体		単体		○		○	
Mode4	単体		単体		○		○	○
Mode5 (細分化例)	単体	複合	単体	複合	発泡	硬質	○	○
	HDPE	LDPE	硬質	フィルム			○	○
Mode6	混合品							○
Mode7	混合品						○	○

注：Mode1、2 は現行の容リ再生処理施設で行われている PE/PP の混合品を得る選別方法であり、多くの材料リサイクル事業者がこの方法による選別を採用している。

Mode3、4 は、材質ごとに選別物を取り出す方法で、PE/PP の単体素材を選別することが主な目的である。

Mode5 は、Mode4 をさらに細かく分別する方法であるが、Phase I の追加試験として、光学選別機メーカーの工場にて実施した。

Mode6、7 は、PET、PVC 素材を除去したケミカル/サーマル手法向け原料となる選別物の取得を想定した方法である。

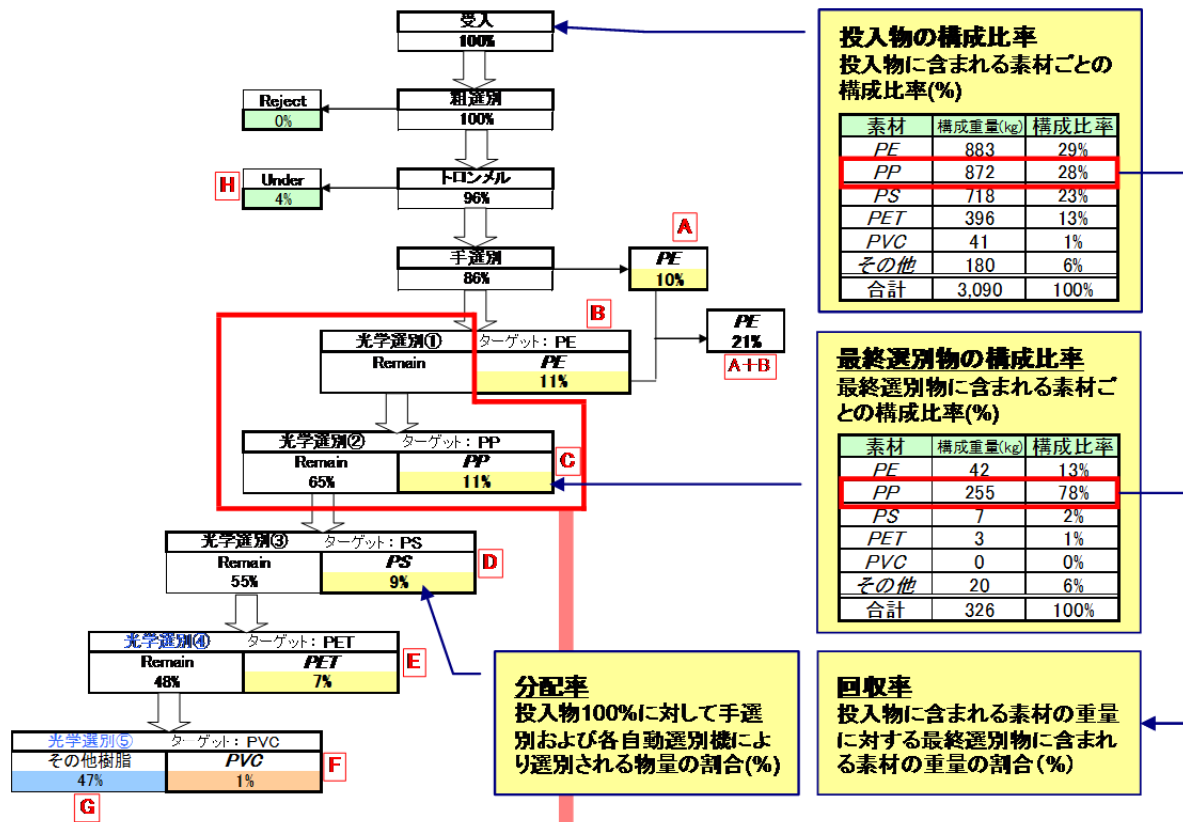


図 3-1 光学選別試験における基本フロー

プラスチック製容器包装廃棄物に含まれるプラスチックの種類は、PE,PP,PS,PET,PVC やそれらの複合素材等雑多で、形態も袋類、ボトル類、トレイ等様々である。光学選別機を利用した選別には、選別順序や選別設定等多くの要素が選別精度に影響を与える可能性がある。そのため選別パターンとして4パターンを想定し、選別可能性試験①～④を実施した。また、あらかじめ組成を調整したサンプルを約50kg作成し、これを標準サンプルとして補助試験①～③を実施した。補助試験は実機でのテストを補完することを目的としメーカーの試験機を使用した。さらに、選別機の差異、事前選別による選別精度の差異を確認するための追加試験①～③を実施した。実施した選別可能性試験について表3-2に示す。

表 3-2 選別可能性試験

	選別テーマ	条件	概要	備考
I	基本実験 ＜選別可能性試験①＞ ＜補助試験①＞	実機 A 試験機 A	材料リサイクルを対象とした基本実験では、選別順序一定（ <i>PE</i> ＞ <i>PP</i> ＞ <i>PS</i> ＞ <i>PET</i> ＞ <i>PVC</i> ）のもと実施 ケミカルリサイクルを対象とした基本実験では、 <i>PVC</i> を選別することを目的として実施。 補助試験では、 <i>PVC</i> 除去量を増やすことを目的として実施	Mode4 Mode6
II	選別順序の影響把握 ＜選別可能性試験②＞ ＜補助試験②＞ ＜追加試験①＞	実機 A 試験機 A 実機 A	選別順序を変えて効果の高い <i>PS</i> ＞ <i>PE</i> ＞ <i>PP</i> ＞ <i>PET</i> ＞ <i>PVC</i> を抽出した。 選別可能性試験②と試験サンプルをかえて Mode4-3 を実機で実施	Mode4-1 Mode4-2 Mode4-3
III	機器設定値の影響把握 ＜選別可能性試験③＞ ＜補助試験③＞	実機 A 試験機 A	Selectivity、投入速度の検討	Mode4
IV	2 段選別の効果把握 ＜選別可能性試験④＞	実機 A	2 台連結させた光学選別機による選別を実施	Mode4 に追加
V	機種による影響把握 ＜追加試験②＞	実機 B	光学選別機による選別差異を把握するため実施	—
VI	形状選別による効果把握 ＜追加試験③＞	ドイツ、 試験機 B	前処理として、ボトル系とフィルム系に形状選別をした上で、光学選別を実施（ただし、調製した容器プラ廃棄物を使用）	B+Mode4

3.2 選別方法別の選別結果

3.2.1 <選別可能性試験①>材料リサイクルを対象とした基本実験

(1)選別試験の概要

基本的な選別順序による機械選別に関し、各最終選別物の内容や選別精度について検討した。選別の目的は、各最終選別物に含まれるターゲット材質の構成比及び回収率を上げることであった。

材料リサイクルを対象とした基本実験では、光学選別機を用いて、Mode4にて選別順序 *PE* > *PP* > *PS* > *PET* > *PVC* の順で選別した。選別試験は3回実施し、それぞれ約1,000kgのサンプルを使用した。使用したサンプル量の合計は3,090kg、内容は表3-3のとおりであった。

試験手順は、伊勢崎市から回収したプラスチックの破袋やほぐし作業を前処理として実施した後、処理ラインに投入した。投入後、大きな金属等を除去する粗選別を実施した。その後、トロンメル（円筒状の篩で、穴のサイズは50mm）を用いて細かなものの除去、人手により指定収集袋やレジ袋といった袋類の除去を実施した後、光学選別機を用いて選別を実施した。

破袋やほぐし作業の前処理は、1,000kg実施するのに一人の作業員で5日間を要した。伊勢崎市から回収したプラスチックは主に袋に入った状態であり、今回の試験設備では袋を破袋することを前提とした設備でなかったため必要であった。

袋類の除去については、4人の作業員を配置して実施したが、レジ袋や指定収集袋の取りこぼしはあった。

光学選別機にて選別した各最終選別物の重量から分配率を把握するとともに、ターゲット材質の構成比を集計／分析した（各最終選別物から約10kgを採取し判定）。

表 3-3 材料リサイクルを対象とした基本実験の投入サンプルの内容

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
875kg	875kg	721kg	398kg	41kg	181kg	3,090kg
28.3%	28.3%	23.3%	12.9%	1.3%	5.9%	100.0%

(2)選別試験の結果

各最終選別物への分配率は、**A** (*PE*手選) : 9.9%、**B** (*PE*) : 11.1%、**C** (*PP*) : 10.6%、**D** (*PS*) : 9.3%、**E** (*PET*) : 7.4%、**F** (*PVC*) : 1.5%、**G** (その他樹脂) : 46%となった（図3-2参照）。

また、各最終選別物に含まれるターゲット材質の構成比は、**A** (*PE*手選) : 84.7%、**B** (*PE*) : 80.5%、**C** (*PP*) : 77.7%、**D** (*PS*) : 86.8%、**E** (*PET*) : 93.1%、**F** (*PVC*) : 7.2%となった。*PP*のみ80%を若干下回ったが、その他は、80%から93%の構成比となった（図3-3参照）。**C** (*PP*)に含まれる*PP*以外の材質は、*PE*が最も多く13.2%含まれていた。

また、各最終選別物に含まれるターゲット材質の回収率は、**A** (*PE*手選) : 29.5%、**B** (*PE*) : 31.6%、**C** (*PP*) : 29.0%、**D** (*PS*) : 34.5%、**E** (*PET*) : 53.5%、**F** (*PVC*) : 7.9%となった。*PE*は、手選別を併用しているため回収率は61.1%となったが、*PP*、

PSの回収率は40%以下と低くなった（図3-4参照）。

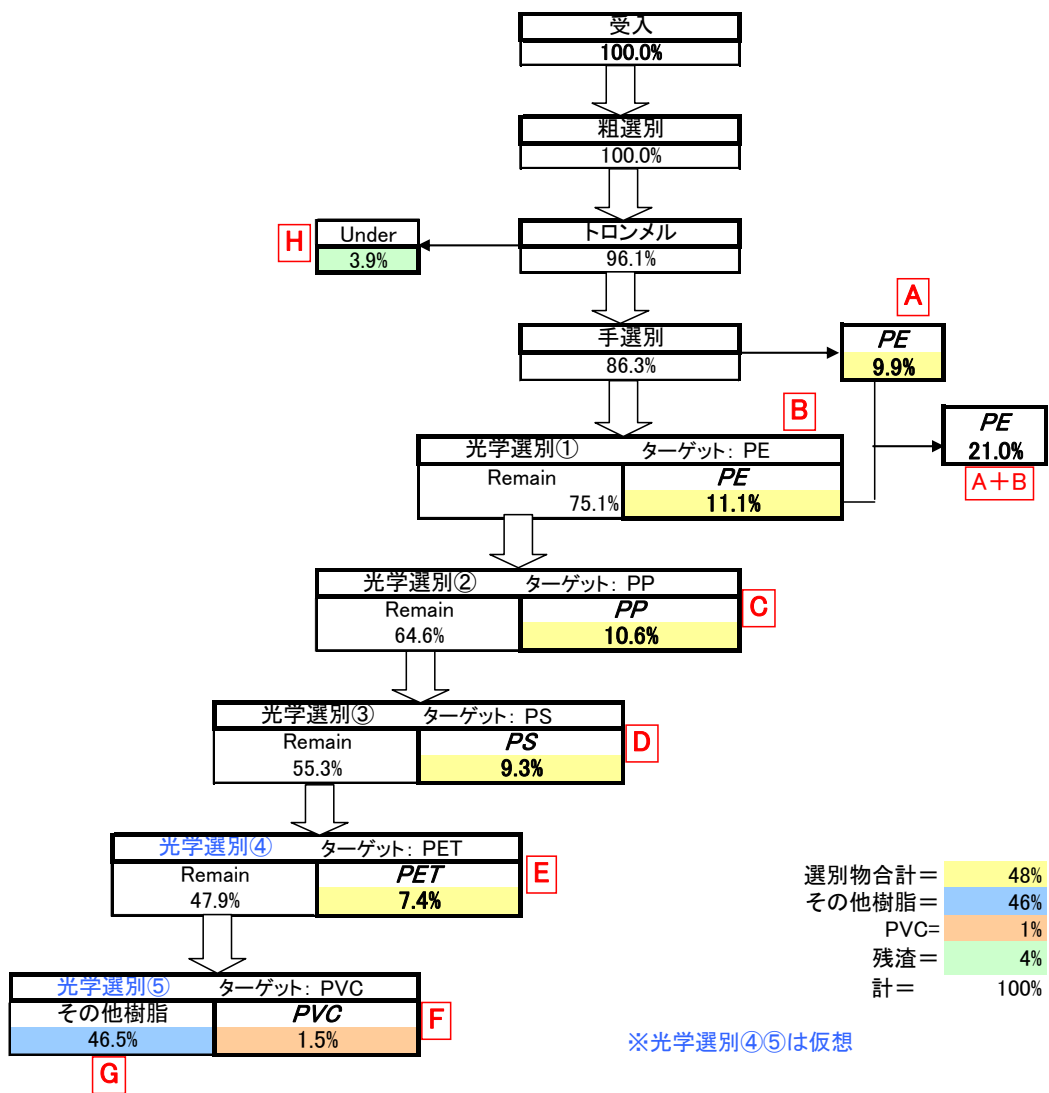


図3-2 各最終選別物への分配率 (Mode4)

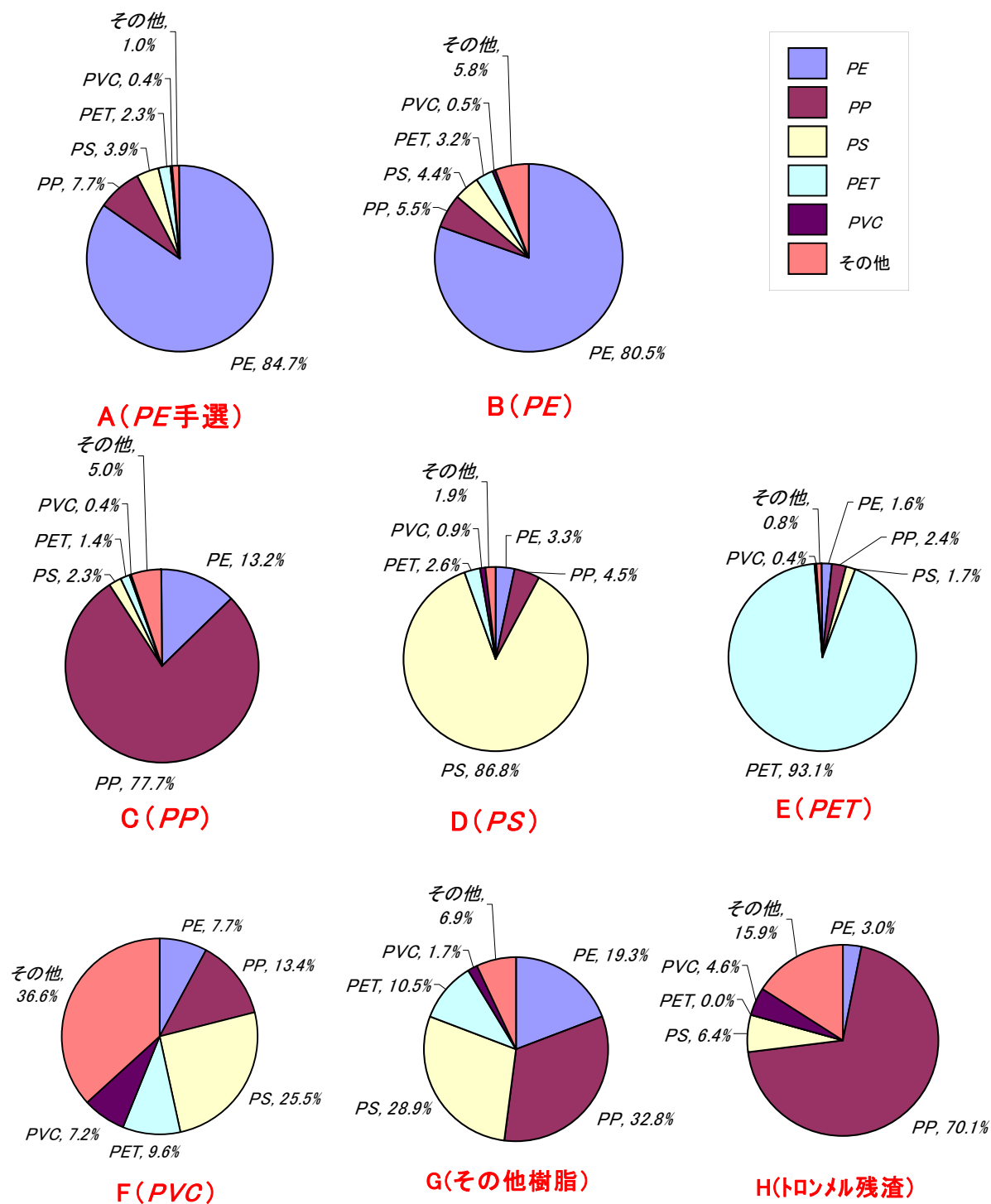


図 3-3 各最終選別物に含まれるターゲット材質の構成比 (Mode4)

注) H (トロンメル残渣) において PP 割合が多くなっているが、PET ボトルのキャップを全て PP と仮定してカウントしたためである。

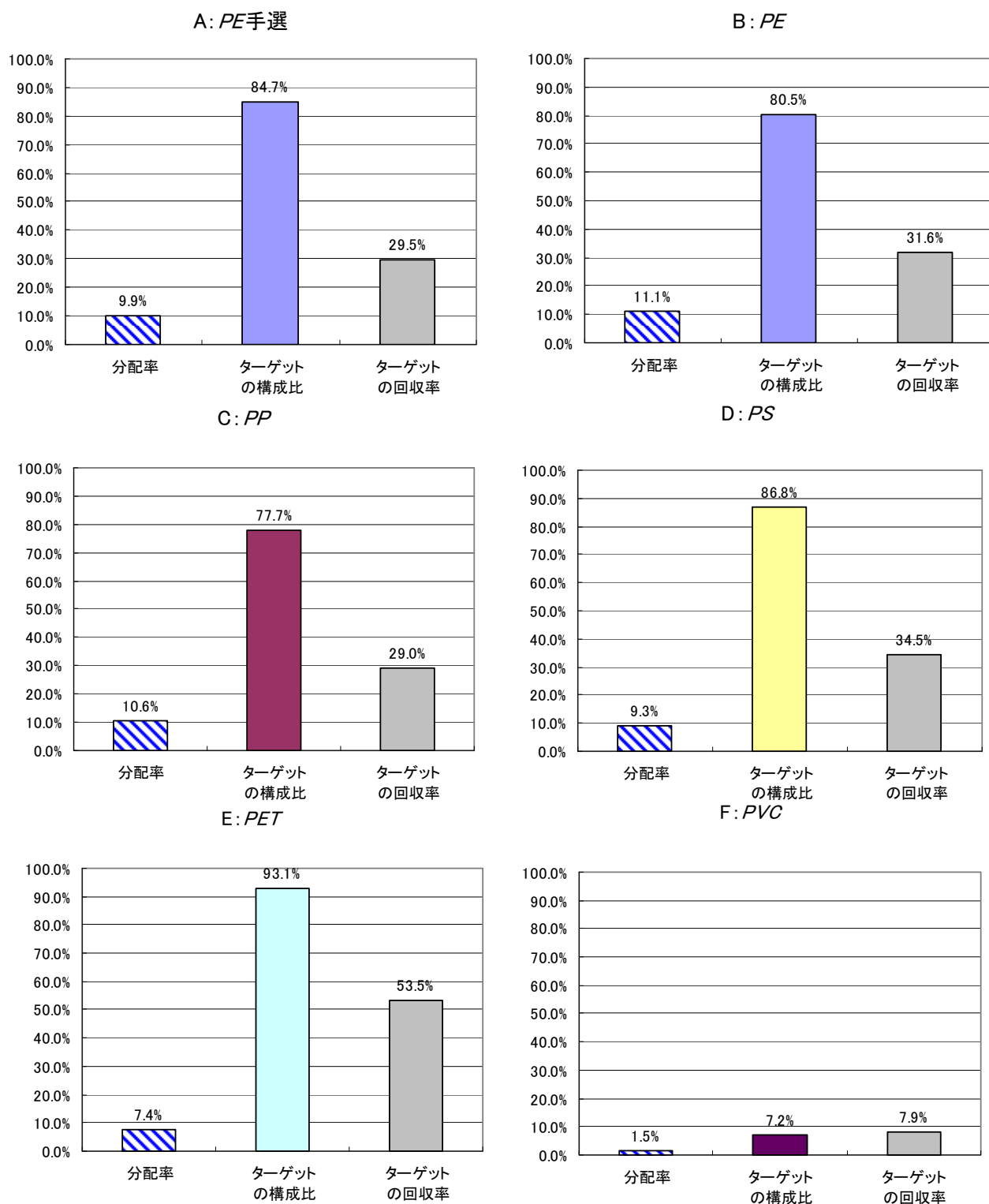


図 3-4 各最終選別物における選別性能 (Mode4)

3.2.2 <選別可能性試験①>ケミカル／サーマルリサイクルを対象とした基本実験

(1)選別試験の概要

ケミカル／サーマルリサイクルを対象とした基本実験では、光学選別機を用いて *PVC* のみ除去するように選別した (Mode6)。選別試験に使用したサンプルの重量は 1,513kg で内容は表 3-4 のとおりであった。選別に際しての目的は、最終選別物に含まれるターゲット材質 (*PVC*) の構成比及び回収率を上げることあるが、ターゲット材質の構成比を上げることが目的とした選別設定で実施した。

試験手順は、伊勢崎市から回収したプラスチックの破袋やほぐし作業を前処理として実施した後、処理ラインに投入した。投入後、大きな金属等を除去する粗選別を実施した。その後、トロンメル (円筒状の篩で、穴のサイズは 50mm) を用いて細かなものの除去した後、袋類の除去を実施せずに光学選別機を用いて選別を実施した。

光学選別機を用いて選別した各最終選別物の重量から分配率を把握するとともに、ターゲット材質の構成比、回収率を計測した (各最終選別物から約 10kg を採取し判定)。

表 3-4 投入サンプルの内容 (選別前の分析結果)

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
419kg	409kg	399kg	216kg	15kg	54kg	1,513kg
27.7%	27.1%	26.4%	14.3%	1.0%	3.6%	100.0%

Mode6 の *PVC* 回収試験では、回収する *PVC* の構成比を高めるような設定でテストを実施しているが、本来は *PVC* の回収率を高めることが重要だと考えられる。そのため *PVC* の除去率を高めるようなテストを補助試験①を実施した。補助試験①は、メーカー所有の試験機を用いてテストを実施した。使用したサンプルは、伊勢崎市より回収した容器包装プラスチック約 55kg から手選別により大物袋除去したものを標準サンプルとして使用した。

表 3-5 投入サンプルの内容 (標準サンプル)

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
13.07kg	13.50kg	13.37kg	9.76kg	0.42kg	3.21kg	53.33kg
24.5%	25.3%	25.1%	18.3%	0.8%	6.0%	100.0%

(2)選別試験結果

ケミカル／サーマルリサイクルを対象とした基本実験では、最終選別物への分配率は **F** (*PVC*) : 2.1% となった (図 3-5)。最終選別に含まれるターゲット材質の構成比は、**F** (*PVC*) : 4.0% となり低い値となった (図 3-6)。ターゲット材質の回収率は、**F** (*PVC*) : 8.1% と低かった (図 3-7)。

その結果、選別前の *PVC* の構成比 1.0% (表 3-4) と **G** (ケミカル RPF 資源) の *PVC* 構成比 0.9% に大きな変化は見られなかった。

PVC の選別を、最終選別物の構成比を高めるように選別したが選別物の構成比を上

げることは難しく、ケミカル RPF 資源の *PVC* 構成比は下がらなかった。

しかしながら、一般的には、RPF 事業者が塩ビ除去のために、光学選別機を導入し、*PVC* を約 80% 除去することに成功している事業者も多いことから、本実証試験における設定に課題があったものと考えられる。主な原因として、プラスチック容器包装廃棄物の塩ビは、約 8 割が *PVDC* であり、*PVDC* の波形をとらえることは、光学選別機の設定ノウハウが必要なところであるため、本実証試験においては、標準設定された *PVC* のみ除去する設定であったことが想定される。

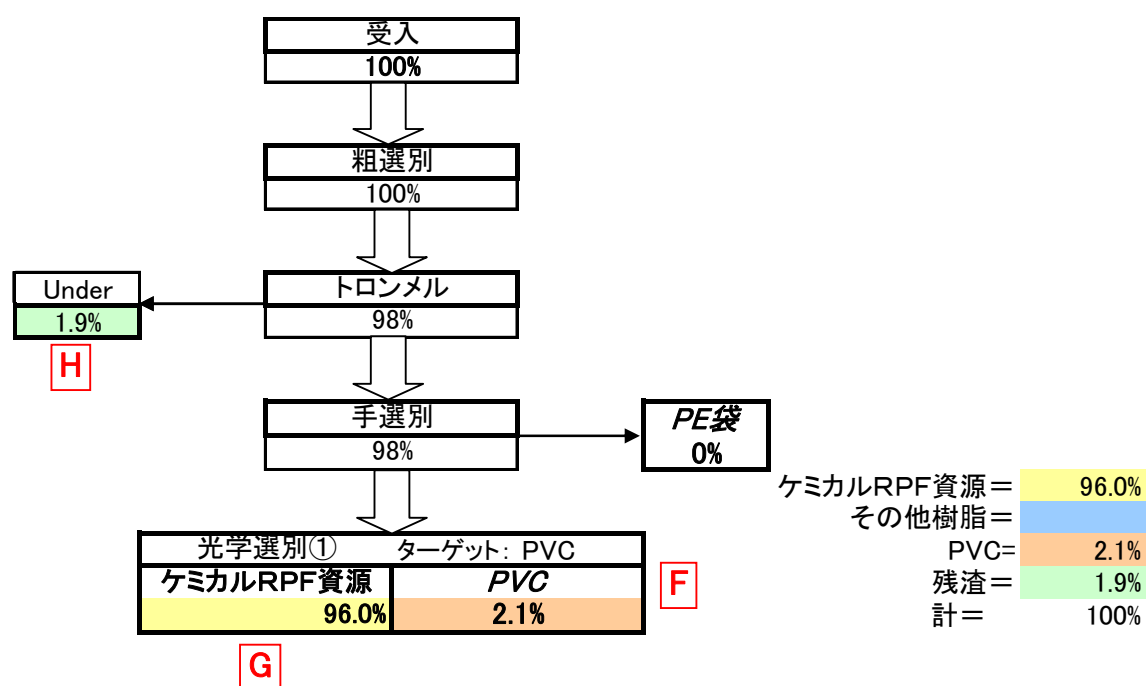


図 3-5 最終選別物への分配率 (Mode6)

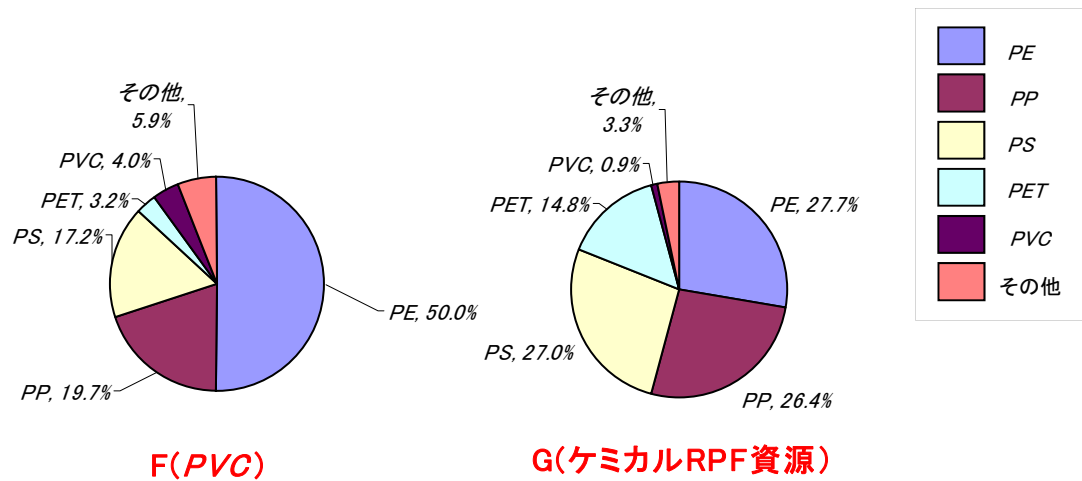


図 3-6 最終選別物の構成比 (Mode6)

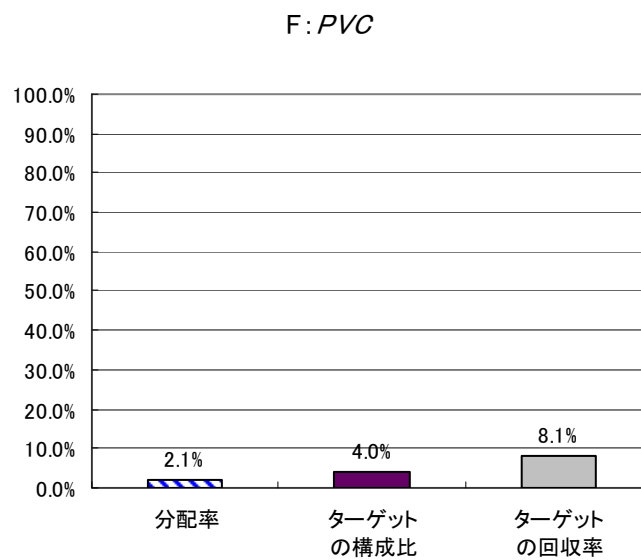


図 3-7 最終選別物における選別性能 (Mode6)

次に、回収率を優先した補助試験①では、最終選別物への分配率は、**F** (*PVC*) : 16% となった (図 3-8)。最終選別に含まれるターゲット材質の構成比は、**F** (*PVC*) : 4.1% となり (図 3-9)、ターゲット材質の回収率は、**F** (*PVC*) : 84.4% と高かった (図 3-10)。

選別前 (表 3-5) と **G** (ケミカル RPF 資源) の *PVC* 構成比を比較すると 0.8%→0.1% と大きく低減された。

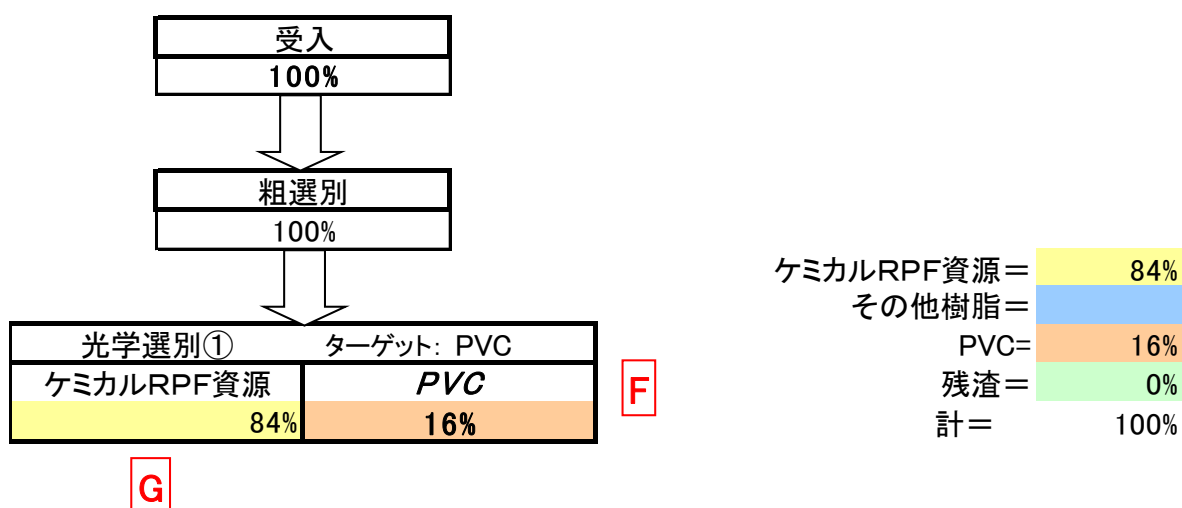


図 3-8 最終選別物への分配率 (補助試験①)

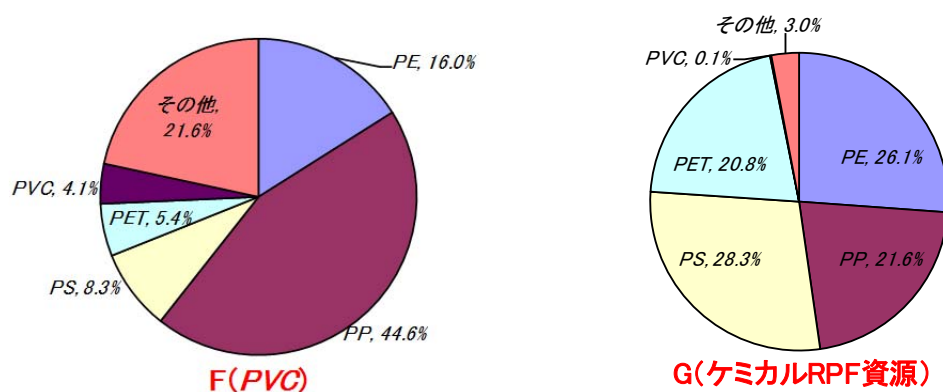


図 3-9 最終選別物の構成比 (補助試験①)

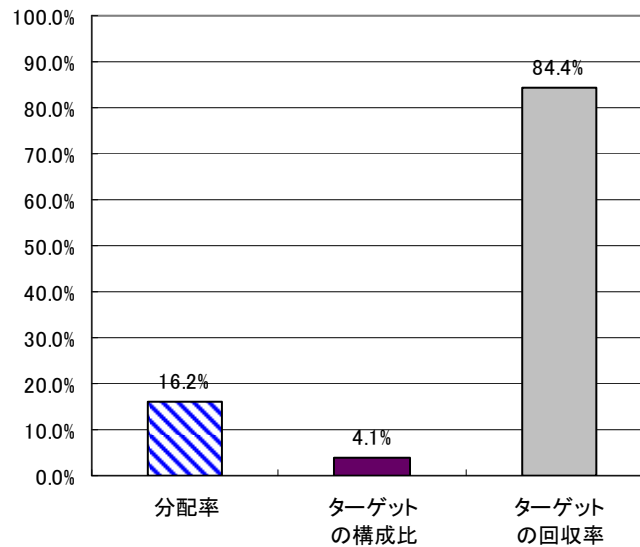


図 3-10 最終選別物の選別性能（補助試験①）

以上の結果から、

- ・最終選別物（*PVC*）の構成比が低い理由は、*PVC* 除去物（ラップが主）に他の材質が多量に随伴してくるためであると思われる。
- ・他の材質の随伴を容認すれば *PVC* 除去率を高められ、ケミカル RPF 資源向けの選別が可能であることが確認された。

3.2.3 <選別可能性試験②>選別順序の影響把握

(1) 選別試験の概要

選別可能性試験①では、選別順序を一定（*PE>PP>PS>PET* の順）のまま試験を実施したが、選別順序の変更によるターゲット材質の構成比、回収率に与える影響を把握することを目的とし、Mode4 を基準とした選別順序を以下のとおり設定し、Mode4-1～4-3 の試験を実施した。

- ① Mode4-1 *PP>PE>PS>PET*
- ② Mode4-2 *PS>PET>PE>PP*
- ③ Mode4-3 *PS>PE>PP>PET*

選別試験に使用したサンプルは、サンプルによる誤差を無くすために同じサンプルを使用して繰り返し実施した。選別試験後の回収物から集計／算出したサンプルの重量は、Mode4-1：1,000kg、Mode4-2：1,044kg、Mode4-3：1,904kg で内容は表 3-6 のとおりであった。

選別手順は Mode4 と同様としたが、*PVC* 選別の光学選別機の設定のみ回収率優先とした。

表 3-6 投入物に含まれる各材質の重量

(Mode4-1)

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
321kg	268kg	264kg	145kg	10kg	40kg	1,048kg
30.6%	25.6%	25.2%	13.8%	0.9%	3.8%	100.0%

(Mode4-2)

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
352kg	267kg	237kg	134kg	8kg	46kg	1,044kg
33.7%	25.6%	22.7%	12.9%	0.8%	4.4%	100.0%

(Mode4-3)

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
589kg	492kg	465kg	264kg	31kg	63kg	1,904kg
30.9%	25.8%	24.4%	13.9%	1.7%	3.3%	100.0%

また、使用原料による影響を抑えるため標準サンプルを使用して補助試験②を実施した。補助試験②はメーカー所有の試験機 A を用いて、下記の選別順序を入れ変えて 3 通りの試験を実施した。

Base : $PE > PP > PS > PET$ (B)

パターン① : $PS > PET > PE > PP$ (①)

パターン② : $PET > PS > PE > PP$ (②)

この際光学選別機の設定は、実機 A での試験条件と同じ設定で実施し、表 3-9 に示すサンプルを用いてテストを実施し。

表 3-9 投入サンプルの構成比

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
13.07kg	13.50kg	13.37kg	9.76kg	0.42kg	3.21kg	53.33kg
25%	25%	25%	18%	1%	6%	100%

最終選別物については最終選別物毎の回収量（分配率）と選別された中身の構成比、ターゲット材質の回収率を計測した。回収量（分配率）は供試量の全量を回収・測定したが、構成比、回収率については最終選別物から約 10kg のサンプルを回収し、それぞれ材質別形状別（表 2-9）に分類して集計/算出した。

(2)選別試験結果

図 3-11 に各ターゲットの構成比を選別パターン毎に示す。また、図 3-12 には各ターゲットの回収率を選別パターン毎に比較して示した。

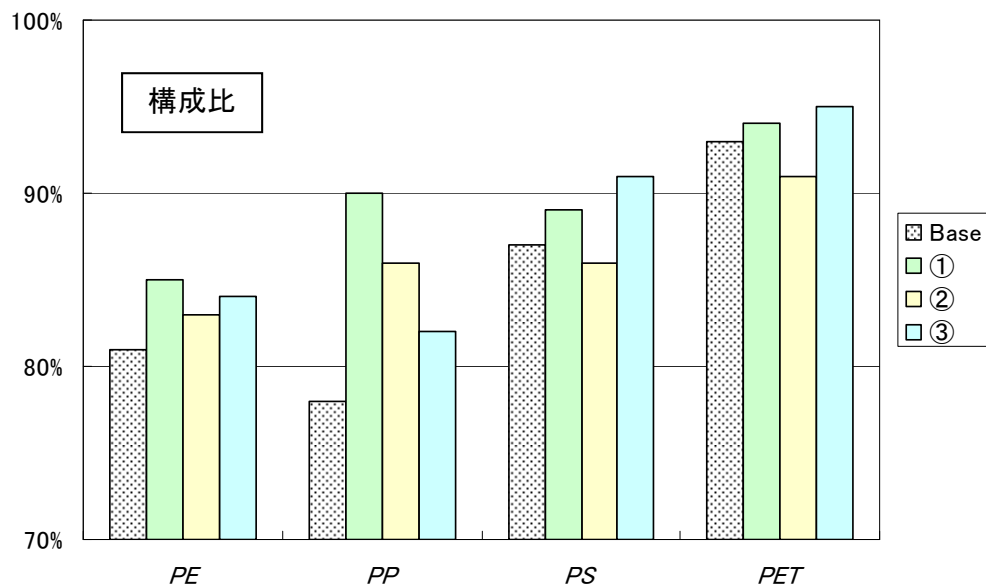


図 3-11 選別パターンによるターゲット構成比の比較

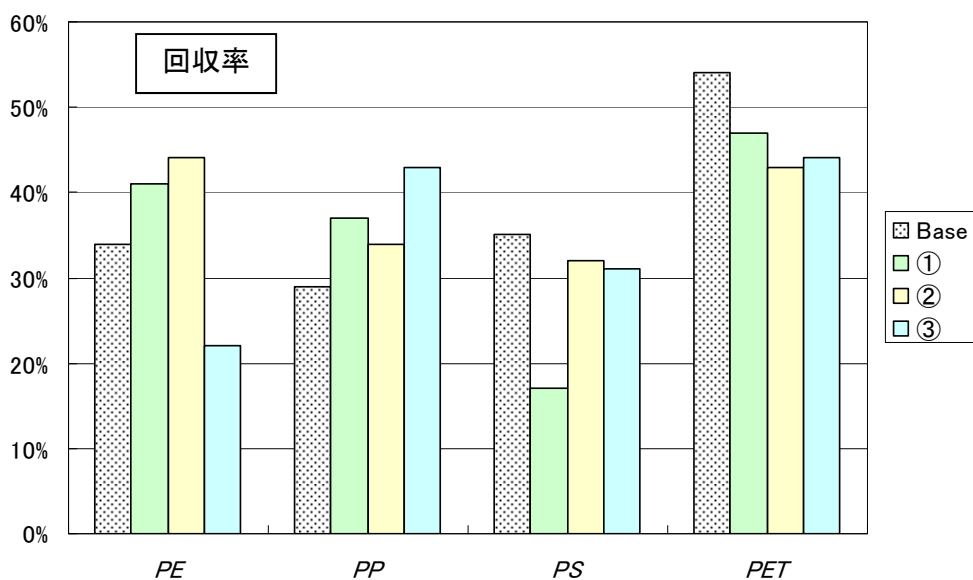


図 3-12 選別パターンによるターゲット回収率の比較

<選別順序>

BaseMode4	1	2	3	4
① Mode4-1	2	1	3	4
② Mode4-2	4	3	1	2
③ Mode4-3	2	3	1	4

また、図 3-7 には上記パターンにおける、ターゲット材質の構成比と回収率の関係を示す。

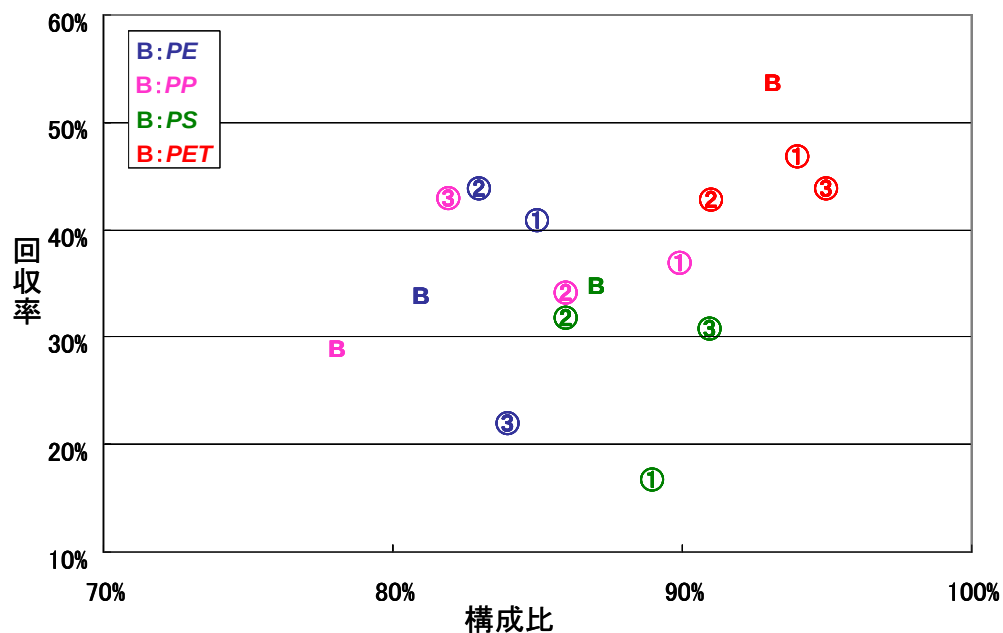


図 3-13 選別パターンによるターゲット構成比と回収率の関係

※図中、プロットの記号 (B, ①, ②, ③) は選別パターンを表し、ターゲット毎に色別している。

これらの選別順序により選別した結果、下記のことが明らかになった。

- これまで経験的に行われてきた選別順序 (Base) に比し、選別順序の変更は構成比や回収率の向上に寄与する可能性がある。
- 工程の質を高めるとの観点からは、最終選別物中のターゲット材質の構成比が高いことが望まれる。工程全体として主要成分である *PE* や *PP* を主体に考えると Mode4-1、則ち最初に *PP* をターゲットとした選別方法が良好な結果を示している。ただし、*PS* の構成比が Base よりも低下しており原因の究明と対応策の検討が必要である。
- 構成比と回収率には明確な関係は見いだせない (図 3-13 参照)。望ましくはこの両者が向上する選別パターンを見いだすことであるが、今後まずは精度よく選別できるパターンについて、その最終選別物の化学的分析や価値評価を行うと共に、このパターンについて繰り返し試験を行うことが必要と考える。
- 光学選別機の選別度合い等、設定条件の影響を把握することも必要である。

次に、補助試験②の選別結果を図 3-18 に示す。

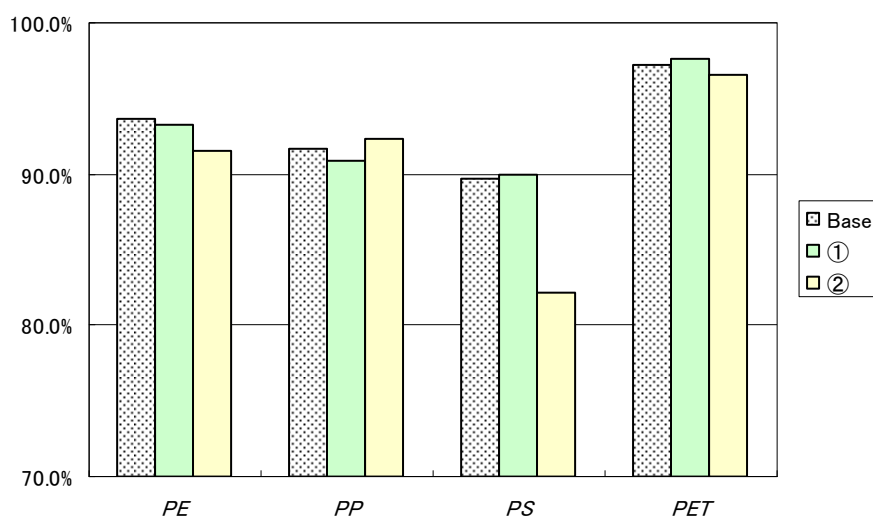


図 3-18 選別順序と構成比

選別順序と回収率を図 3-19 に示す。

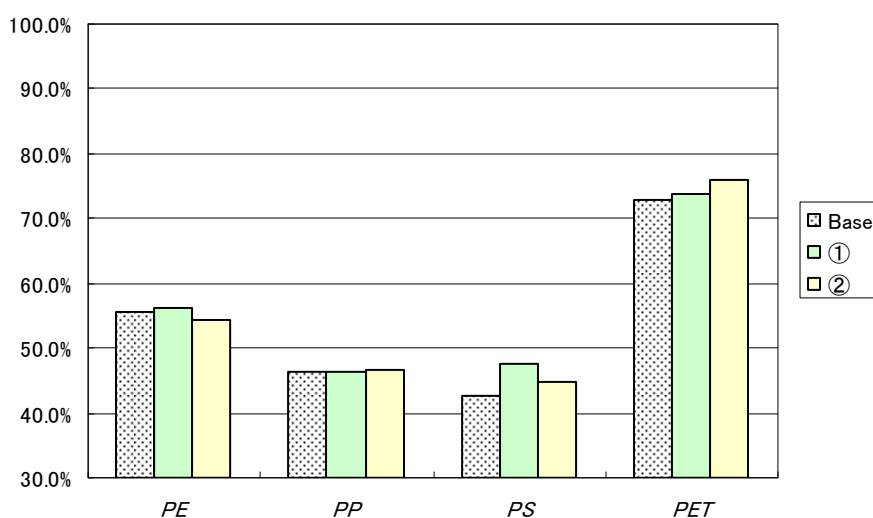


図 3-19 選別順序と回収率

補助試験②では、選別順序を変更した場合の影響が実機を用いた場合と比較して小さくなった。実機を用いたテストとの主要な差は、投入したサンプルの光学選別機上での分散であり、正しく分散していれば順序による影響が小さいことがわかった。補助試験②においても *PS* を最初に選別した場合、*PS* の回収率が最も高くなっている。このことから選別順序を検討する際には、選別しやすい材質や回収率を高めたい材質を先に選別することがよいと思われる。

(3)追加試験① (Mode4-3) の概要及び結果

Mode4-3 が回収率、構成比への向上に寄与する可能性が高いと思われることから、別のサンプルを用意し再度選別テストを実施した。使用したサンプルについては表 3-7 に示す。なお、選別機の設定は、Mode4-3 と同じだが、*PVC* 選別に関してのみ構成比優先での選別設定としている。

表 3-7 投入物に含まれる各材質の重量

<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
316kg 31.3%	309kg 30.6%	216kg 21.4%	131kg 13.0%	8kg 0.8%	30kg 3.0%	1,011kg 100.0%

各最終選別物への分配率は、**A** (*PE*手選) : 9.2%、**B** (*PE*) : 9.1%、**C** (*PP*) : 14.1%、**D** (*PS*) : 10.2%、**E** (*PET*) : 7.0%、**F** (*PVC*) : 2.7%、**G** (その他樹脂) : 47.8%となった (図 3-14 参照)。

各ターゲット材質の構成比は、**A** (*PE*手選) : 86.6%、**B** (*PE*) : 87.6%、**C** (*PP*) : 82.6%、**D** (*PS*) : 87.4%、**E** (*PET*) : 94.8%となった。

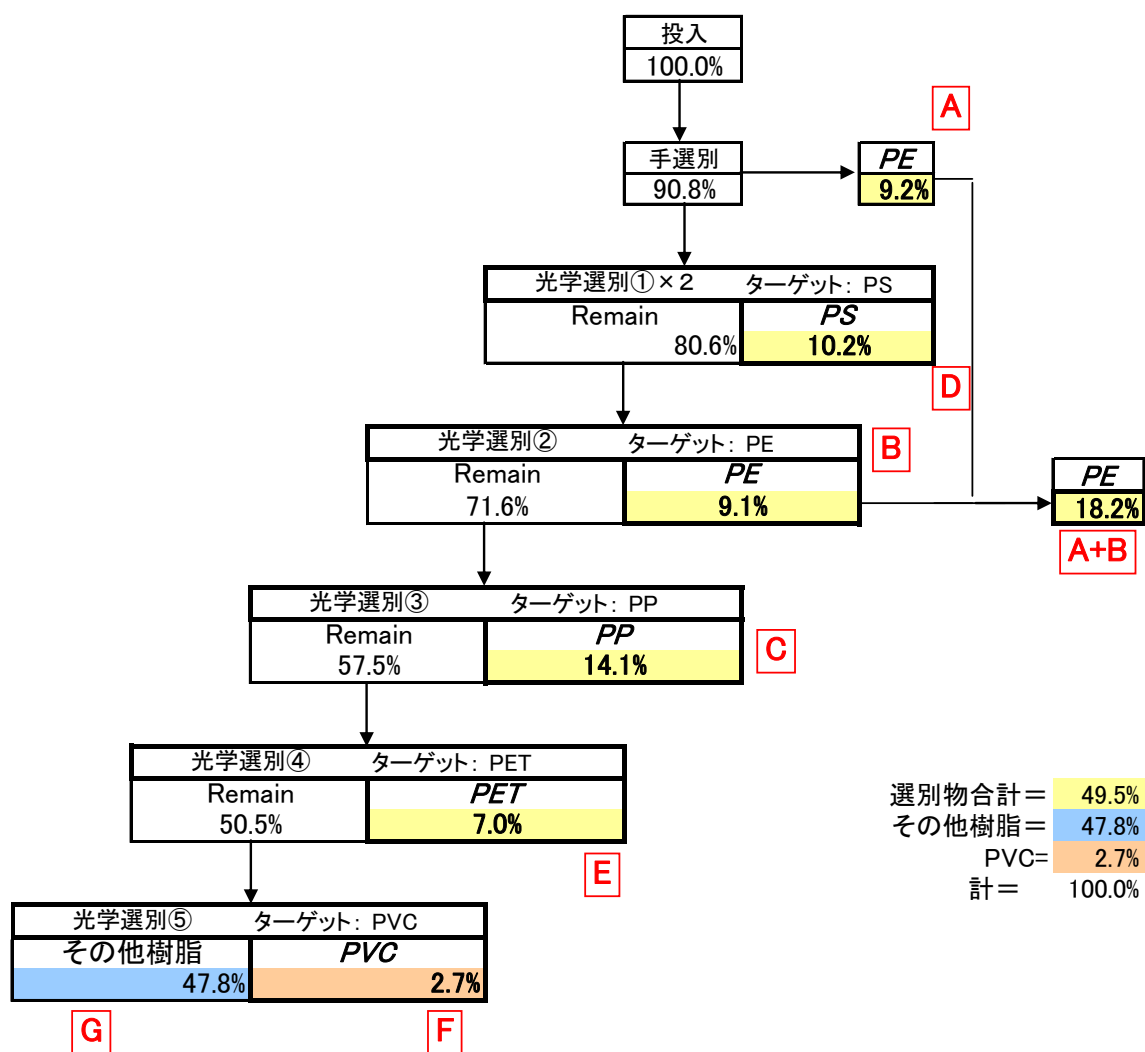


図 3-14 Mode4-3 による試験結果（各最終選別物への分配率）

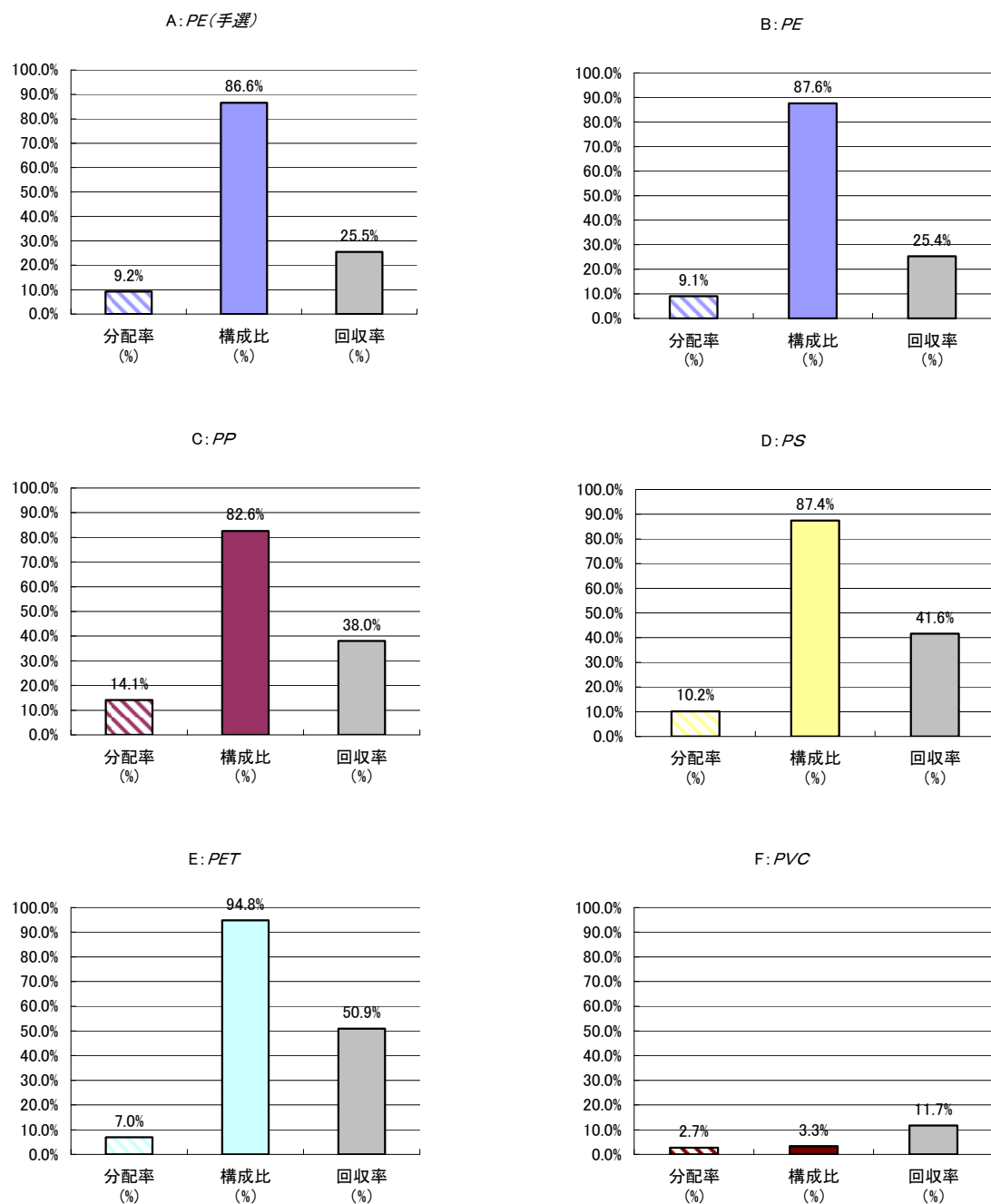


図 3-15 各最終選別物の分配率、構成比、回収率

選別可能性試験②で実施した Mode4-3 と追加試験①で実施した Mode4-3 の分配率、構成比、回収率を比較した（表 3-8）、*PS* 構成比が 91.3%⇒87.4%、*PS* 回収率が 31.1%⇒41.6%となっており、Mode4-3 では *PS* を最初に選別していることから、最初に選別している樹脂のばらつきが大きくなっている可能性がある。そのため、選別順序を検討する際には、比較的選別しやすい樹脂（*PS*、*PET*）を先に選別することは有効だと思われる。

その他の値については、選別可能性試験②、追加試験①とサンプルが異なっても概ね近い値となっており、選別試験結果には一定の確からしさがあるものと思われる。

表 3-8 分配率、構成比、回収率まとめ

●追加試験① (Mode4-3)				●選別可能性試験② (Mode4-3)			
構成材質	分配率 (%)	構成比 (%)	回収率 (%)	構成材質	分配率 (%)	構成比 (%)	回収率 (%)
A: <i>PE</i> (手選)	9.2%	86.6%	25.5%	A: <i>PE</i> (手選)	7.9%	90.4%	23.0%
B: <i>PE</i>	9.1%	87.6%	25.4%	B: <i>PE</i>	8.2%	84.3%	22.4%
C: <i>PP</i>	14.1%	82.6%	38.0%	C: <i>PP</i>	13.7%	81.7%	43.5%
D: <i>PS</i>	10.2%	87.4%	41.6%	D: <i>PS</i>	8.3%	91.3%	31.1%
E: <i>PET</i>	7.0%	94.8%	50.9%	E: <i>PET</i>	6.4%	94.8%	43.8%
F: <i>PVC</i>	2.7%	3.3%	11.7%	F: <i>PVC</i>	4.3%	19.3%	49.6%

また、図 3-16、3-17 にて Phase I で実施した Mode4 と追加試験②で実施した Mode4-3 を比較した。

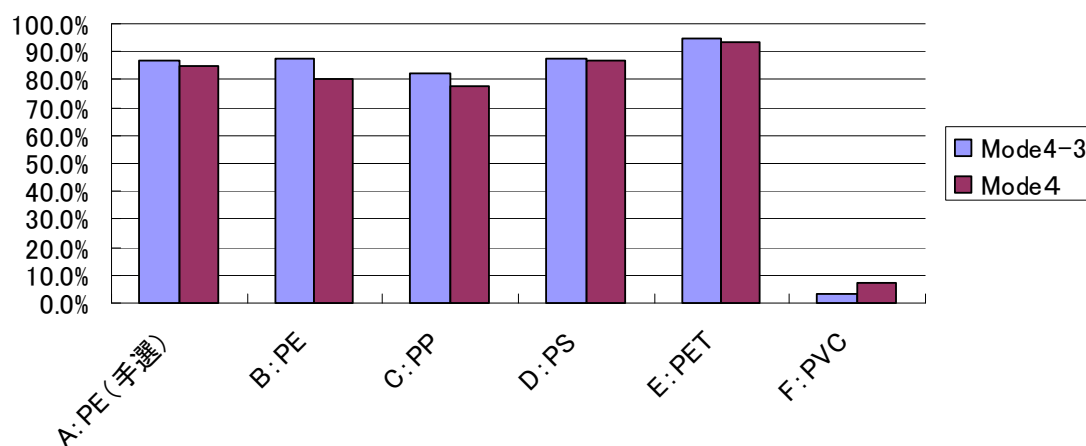


図 3-16 Mode4-3、Mode 4 の構成比の比較

Mode4-3 と Mode4 を比較すると、構成比については、全て Mode4-3 の方が高い値となっており、選別順序を見直した Mode4-3 は構成比に良い効果を与えている。

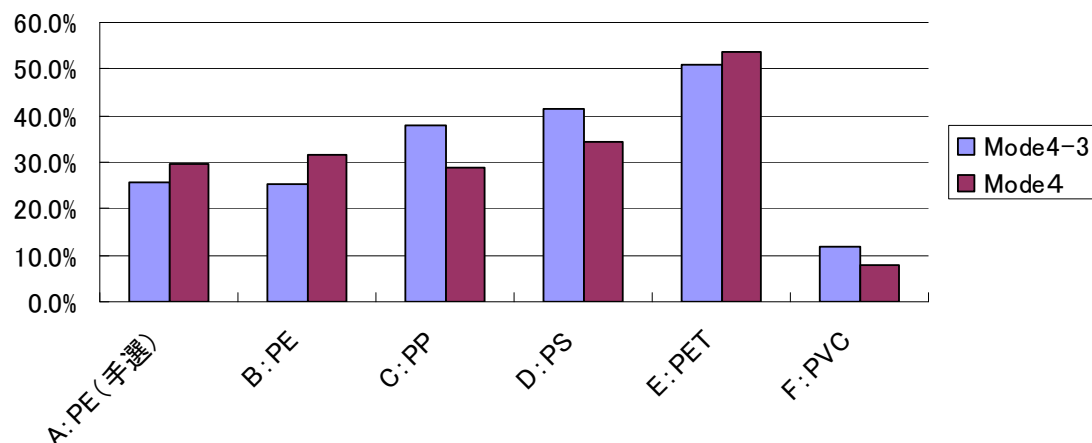


図 3-17 Mode4-3、Mode4 の回収率の比較

Mode4-3、Mode4 での回収率を比較すると、*PS*、*PP*で回収率が増加しており、*PE*、*PET*で減少していた。選別順序を先にした *PS*については回収率が高くなることが予測され（先に選別された樹脂に異樹脂として回収されないため）、その通りの結果となっている。また、選別順序を後ろにした *PE*については、先に選別した *PS*に混入するため回収率が下がっているものと思われる。*PP*に関しては、選別順序を後にしたにも関わらず回収率が上がっており、先に選別した *PS*、*PE*に誤って回収される影響よりも、*PS*、*PE*が取り除かれた状態（=*PP* 構成比が高い状態）での回収率向上効果の方が強くでたものと考えられる。以上の結果より、比較的選別の難しい *PP*の選別順序は後ろに持ってくるのが有効な可能性がある。

Mode4-3 は Mode4 と比較して構成比、回収率が高くなることが引き続き認められるが、構成比は依然 80%台となっており、更なる構成比の向上を目指すには、Selectivity 及び投入スピードの見直しの必要性があると考えられる。

3.2.4 <選別可能性試験③>機器設定値の影響把握

(1) 選別試験の概要

Mode4-3 を基準として、Selectivity、投入スピードを変更して3通りの試験を、実機 A と試験機 A についてそれぞれ実施した。

*Selectivity とは光学式選別機の機器設定の一つで、Selectivity を高めた場合、対象とする樹脂をより厳密に認識できる。

Mode4-3H Selectivity を高めた設定（＝構成比率優先）

Mode4-3H' Mode4-3H で投入スピードを遅くした設定（1.0t/h⇒0.5t/h）

Mode4-3L Selectivity を低めた設定（＝回収率優先）

選別試験に使用したサンプルは、選別試験後の回収物から集計／算出したサンプルの重量から、内容は表 3-10 のとおりであった。

表 3-10 投入物に含まれる各材質の重量

Mode4-3						
PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
316kg	309kg	216kg	131kg	8kg	30kg	1,011kg
31.3%	30.6%	21.4%	13.0%	0.8%	3.0%	100.0%

Mode4-3H						
PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
287kg	247kg	206kg	132kg	13kg	32kg	918kg
31.3%	27.0%	22.5%	14.4%	1.4%	3.5%	100.0%

Mode4-3H'						
PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
134kg	148kg	100kg	63kg	6kg	21kg	472kg
28.3%	31.4%	21.1%	13.4%	1.3%	4.4%	100.0%

Mode4-3L						
PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
222kg	239kg	182kg	198kg	18kg	42kg	902kg
24.6%	26.5%	20.2%	22.0%	2.0%	4.6%	100.0%

最終選別物については最終選別物毎の回収量（分配率）と選別された中身の構成比、ターゲット材質の回収率を計測した。回収量（分配率）は供試量の全量を回収・測定したが、構成比、回収率については最終選別物から約 10kg のサンプルを回収し、それぞれ表 2-9 に分類して集計/算出した。

また、使用原料による影響を抑えるため標準サンプルを使用して補助試験③を実施した。補助試験③はメーカー所有の試験機 A を用いた。

光学選別機の設定は、Selectivity を High,Middle,Low の 3 条件とし選別物を抽出した。センサの選別条件は、High=構成比率優先、Low=回収率優先、Middle=中間程度の 3 パターンと変化させた。この際光学選別機の設定は実機 A での試験条件と同じ設定で実施し、回収した樹脂の構成比、分配率、回収率を測定した。使用したサンプルの内容を表 3-11 に示す。

表 3-11 投入サンプルの構成比

PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
13.07kg	13.50kg	13.37kg	9.76kg	0.42kg	3.21kg	53.33kg
25%	25%	25%	18%	1%	6%	100%

(2)選別試験結果

各ターゲット選別物の構成比を図 3.20 に示す。Mode4 と比較して構成比の向上はいずれもみられるものの、Mode4-3、Mode4-3H、Mode4-3H'では構成比に大きな違いは見られず、Selectivity、投入スピードの見直しによる構成比の向上は見られなかった。一方、Mode4-3L では PE、PP の構成比が特に大きく下がる結果となった。

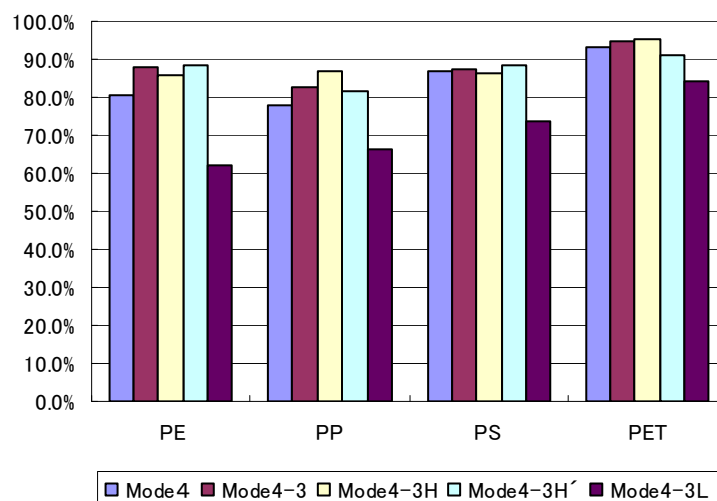


図 3-20 ターゲット構成比の比較

PS、PP の回収率は、Mode4-3L で大きく上がり PE は減少した。PE の回収率の減少は 1 つ前で実施した PS 選別時に誤って回収される PE の量が増えたことが原因の一つと考えられる。また、Mode4-3H' についても PE の回収率が低かったが、これは PE (手選) による PE 回収量が多かったことが原因である。

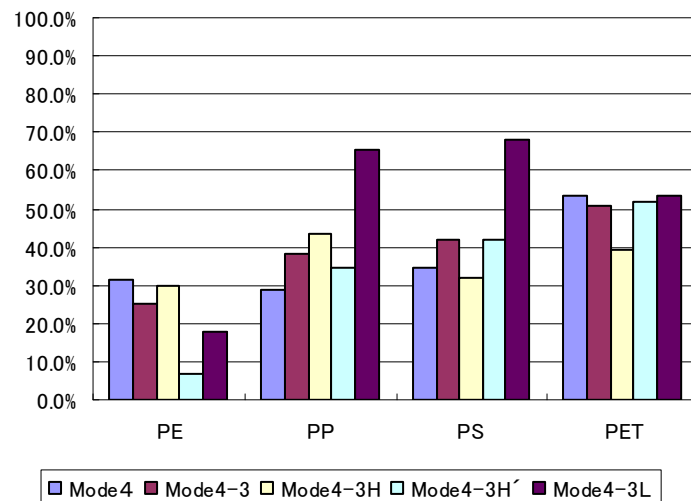


図 3-21 ターゲット回収率の比較

次に、試験機 A を用いた補助試験③では、Selectivity High 時の各最終選別物への分配率は、**B** (*PE*) : 14%、**C** (*PP*) : 13%、**D** (*PS*) : 13%、**E** (*PET*) : 14%、**G** (その他樹脂) : 43%となった (図 3-22 参照)。

また、各最終選別物に含まれるターゲット材質の構成比は、**B** (*PE*) : 95.7%、**C** (*PP*) : 90.2%、**D** (*PS*) : 89.2%、**E** (*PET*) : 96.3%となり、いずれも実機 A を用いた場合より高い構成比が得られた (図 3-23 参照)。

また、各最終選別物に含まれるターゲット材質の回収率は、**B** (*PE*) : 55.3%、**C** (*PP*) : 47.2%、**D** (*PS*) : 49.4%、**E** (*PET*) : 75.2%となった。回収率も実機 A を用いた場合よりいずれも高い結果が得られた。(図 3-34 参照)。

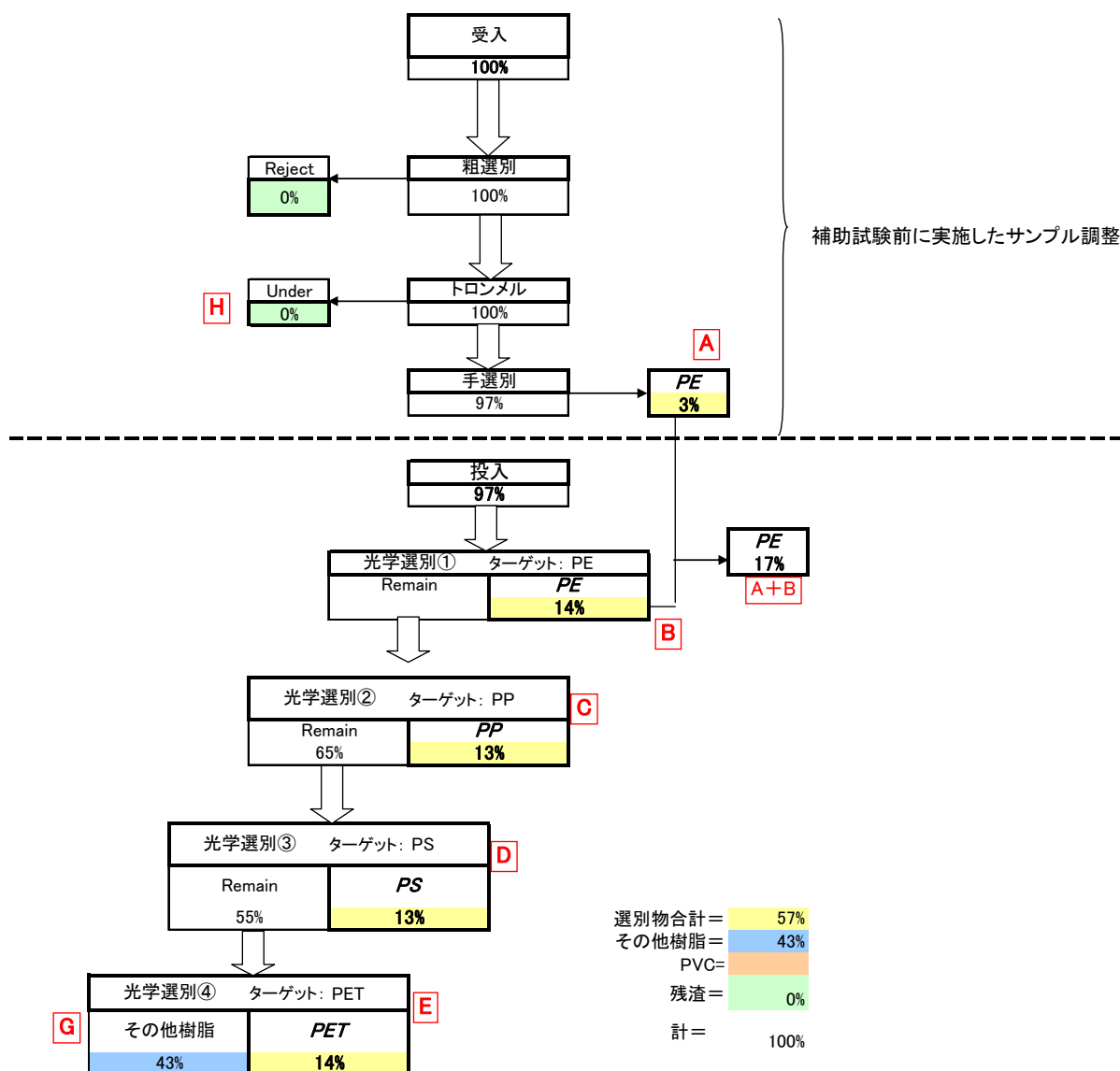


図 3-22 補助試験③ (Selectivity High) による試験結果 (各最終選別物への分配率)

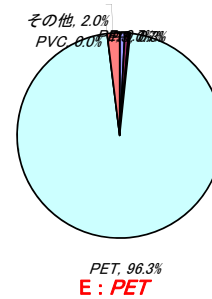
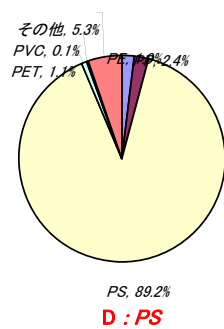
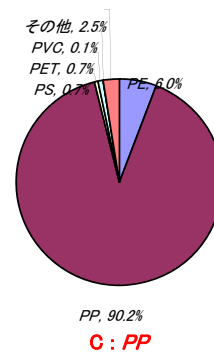
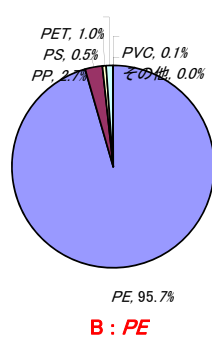


図 3-23 補助試験③ (Selectivity High) による試験結果 (構成比)

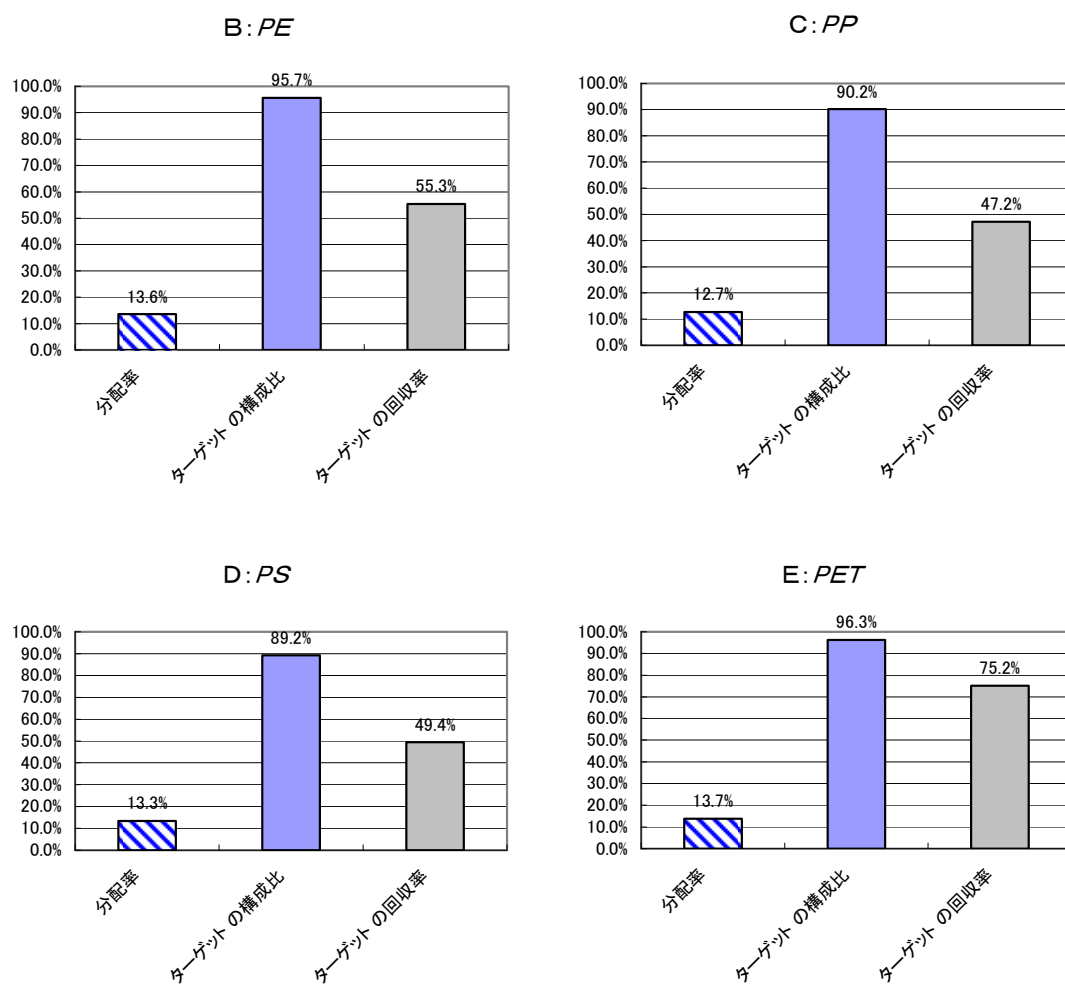


図 3-24 補助試験③ (Selectivity High) の分配率、構成比、回収率

次に、補助試験③での Selectivity を High、Middle、Low と変化させたときの *PE*、*PS* の構成比と回収率の関係を図 3-25 に示す。Selectivity High 時の構成比が最も高く、回収率が低い結果となった。

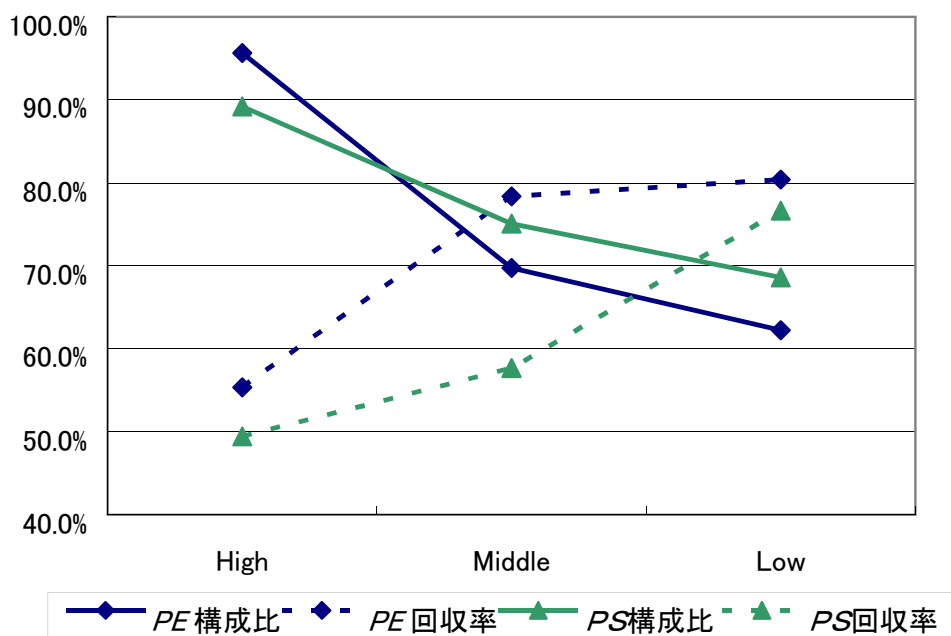


図 3-25 Selectivity と構成比・回収率

以上より、光学選別機による選別では、構成比の向上には限界があること、回収率が向上した場合構成比が下がることが示唆された。そこで、さらに構成比を上げる方策の一つとして光学選別機の 2 段選別を検討した。

3.2.5 <選別可能性試験④>2 段選別の効果把握

(1) 選別試験の概要

これまでの選別試験は、光学選別機 1 台で 1 種類の樹脂を選別していたが、光学選別機 2 台で 1 種類の樹脂を選別する 2 段選別が分配率、構成比、回収率に与える効果把握を目的として実施した。

使用したサンプルは光学式選別機で予め *PE* または *PP* を選別回収したサンプルを用いた。2 段選別時の機器設定は、Selectivity を変更した 3 パターン (High、Middle、Low) とした。*PE* および *PP* の 2 段選別に使用したサンプルの構成比を表 3-12、表 3-13 に示す。

表 3-12 *PE* 2 段選別時の投入物に含まれる各材質の重量

2段目設定(High)						
<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
112.60kg 75%	18.70kg 13%	8.80kg 6%	3.10kg 2%	0.70kg 0%	5.60kg 4%	149.50kg 100%

2段目設定(Middle)						
<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
102.20kg 75%	16.80kg 12%	7.90kg 6%	2.70kg 2%	0.60kg 0%	5.20kg 4%	135.50kg 100%

2段目設定(Low)						
<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
67.10kg 75%	11.10kg 12%	5.20kg 6%	1.80kg 2%	0.40kg 0%	3.40kg 4%	89.00kg 100%

表 3-13 *PP* 2 段選別時の投入物に含まれる各材質の重量

2段目設定(High)						
<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
14.50kg 12%	88.70kg 76%	8.40kg 7%	2.50kg 2%	1.10kg 1%	1.30kg 1%	116.50kg 100%

2段目設定(Middle)						
<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
15.50kg 12%	95.70kg 76%	9.00kg 7%	2.70kg 2%	1.10kg 1%	1.40kg 1%	125.50kg 100%

2段目設定(Low)						
<i>PE</i>	<i>PP</i>	<i>PS</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	その他	合計
18.10kg 13%	105.80kg 75%	10.70kg 8%	3.10kg 2%	1.30kg 1%	1.50kg 1%	140.50kg 100%

(注：2 段目の選別は、1 段目と同じ樹脂を選別することとし、Selectivity の設定を変えて実施した。)

最終選別物については最終選別物毎の回収量（分配率）と選別された中身の構成比、ターゲット樹脂の回収率を計測した。回収量（分配率）は供試量の全量を回収・測定したが、構成比、回収率については最終選別物から約 10kg のサンプルを回収し、それぞれ材質別形状別（表 2-9）に分類して集計/算出した。

（２）選別試験結果

PE2 段選別時の結果を図 3-26 に示す。

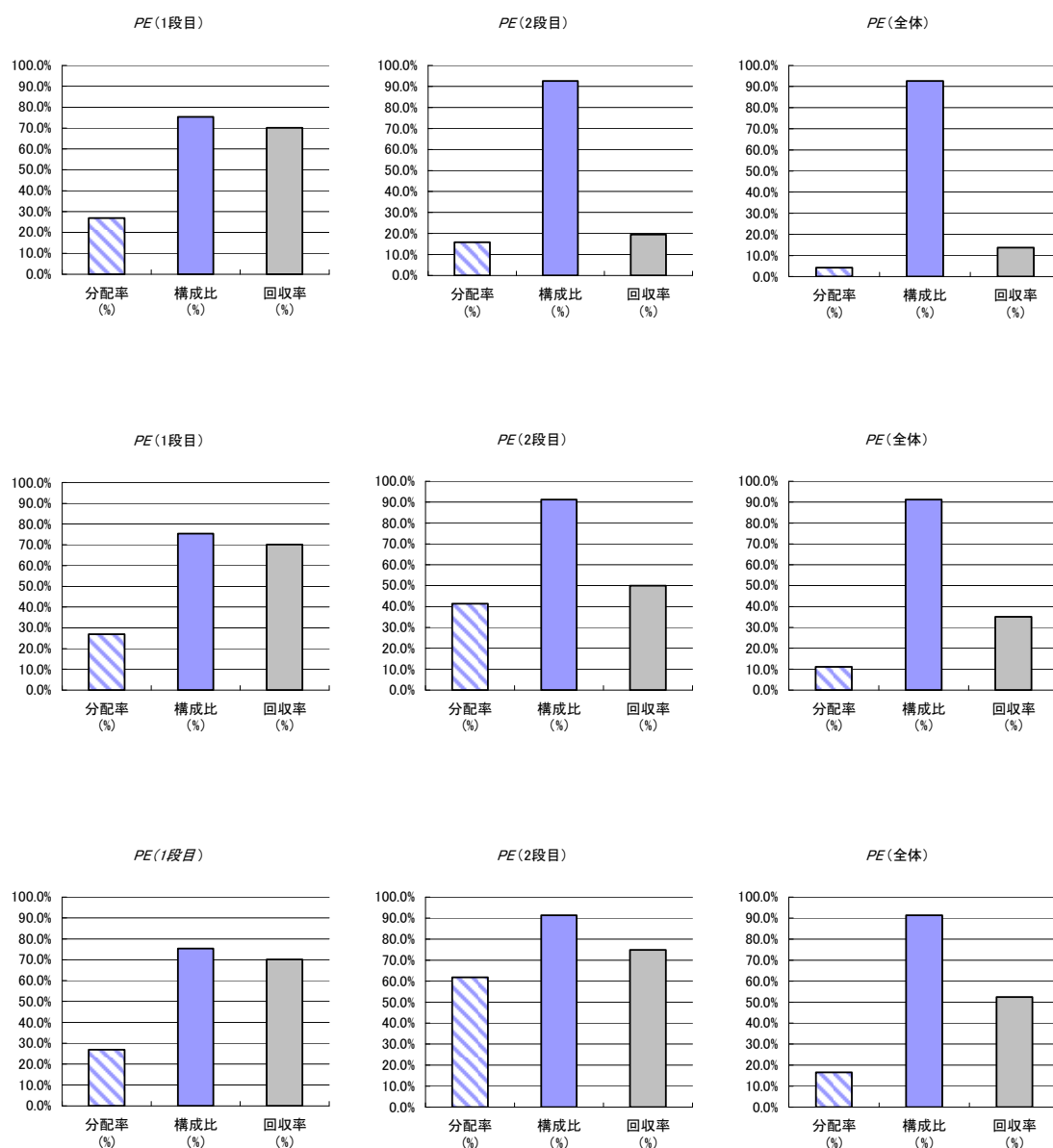


図 3-26 各最終選別物の分配率、構成比、回収率
(上から Selectivity High、Middle、Low)

2 段選別を実施した場合、2 段目の Selectivity を Low、Middle、High と変更してもいずれも構成比 90%以上の結果が得られ、1 段選別より構成比が向上した。一方、回収率については Low、Middle、High と Selectivity を上げることにより低下した。以上より、2 段目の Selectivity を Low とした場合(図 3-26 の右下)に構成比は維持されつつ、回収率の向上が可能となることがわかった。

次に PP2 段選別時の結果を図 3-27 に示す。

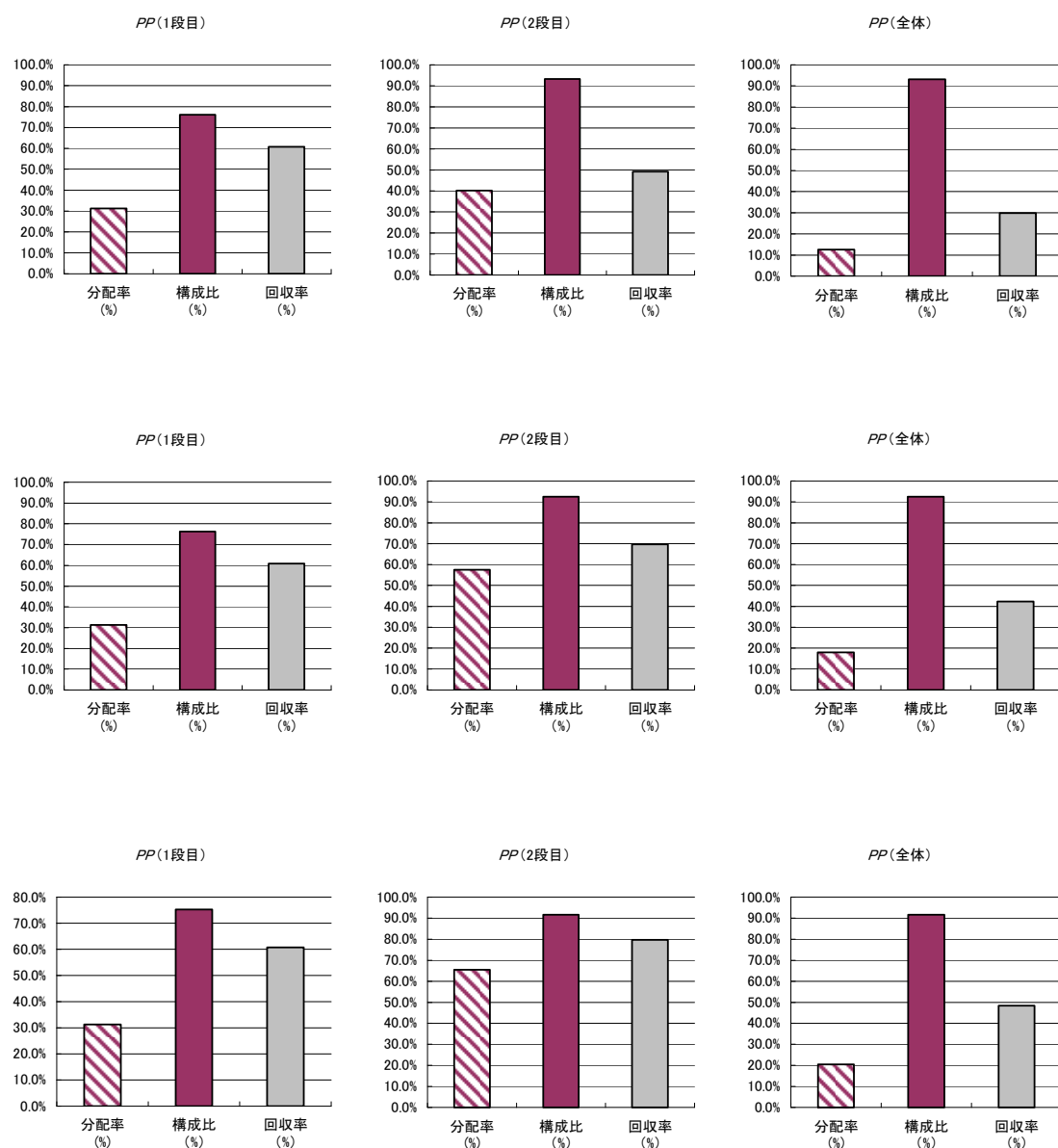


図 3-27 各最終選別物の分配率、構成比、回収率
(上から Selectivity High、Middle、Low)

PE 同様 2 段目の Selectivity を変更しても構成比に影響はなかったが、Selectivity を厳しくすると回収率は低下した。PP についても、2 段選別を実施することにより構成比、回収率の向上が見られ、2 段選別は有効な選別手法だと考えられる。

3.2.6 <追加試験②>機種による影響把握

(1) 選別試験の概要

光学選別機メーカーの違いによる差を検討するため、他メーカーの光学選別機（実機 B）を用いて実施した。

光学選別機（実機 B）を複数台使用して、表 3-13 に示すサンプルから最終選別物として PE、PP、PS、PET、PVC を回収した。最終選別物については、分配率、構成比、回収率を分析した（追加試験②-1）。また、他メーカーの光学選別機（実機 B）の特徴は 1 台の機械で 3 種選別を実施できることにあり、その組み合わせが最終選別物の分配率、構成比、回収率に大きな影響を与えることから、フローを工夫し選別試験を実施した（追加試験②-2）。

追加試験②-1 に使用したサンプルは、標準サンプルを使用しその内容を表 3-13 に示す。

表 3-13 投入サンプルの構成比

PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
13.07kg 25%	13.50kg 25%	13.37kg 25%	9.76kg 18%	0.42kg 1%	3.21kg 6%	53.33kg 100%

(2) 選別試験結果

追加試験②-1 では、分配率は、B（PE）：28%、C（PP）：16%、D（PS）：16%、E（PET）：15%、F（PVC）：6%となった（図 3-28 参照）

各ターゲット材質の構成比は、B（PE）：59.6%、C（PP）：88.2%、D（PS）：90.7%、E（PET）：85.0%、F（PVC）：9.2%となった（図 3-29 参照）。

各ターゲット材質の回収率は、B（PE）：80.0%、C（PP）：53.8%、D（PS）：64.0%、E（PET）：73.3%、F（PVC）：63.7%となった（図 3-30 参照）。G（その他）については、PVC をターゲット材質とし、その構成比、除去率を示している。

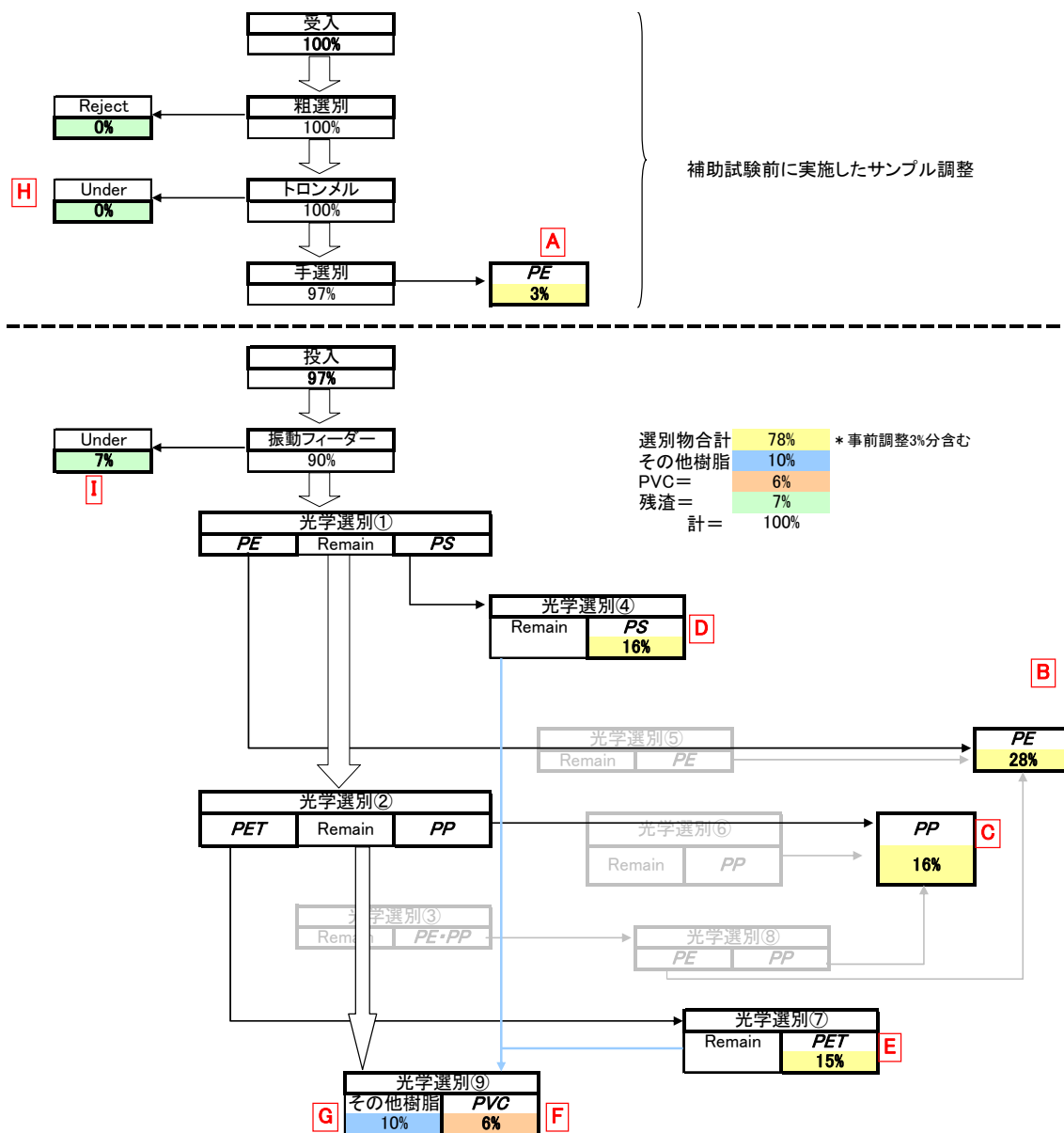
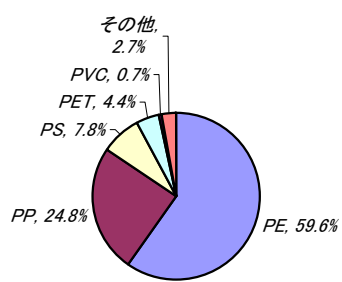
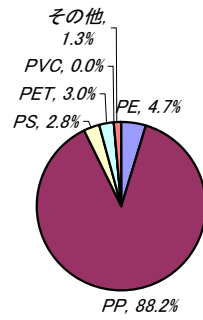


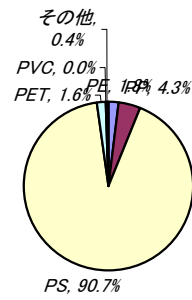
図 3-28 追加試験 3-1 による試験結果（各最終選別物への分配率）



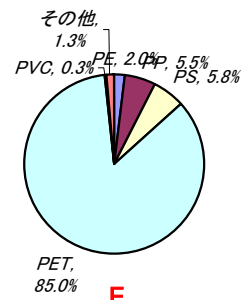
B



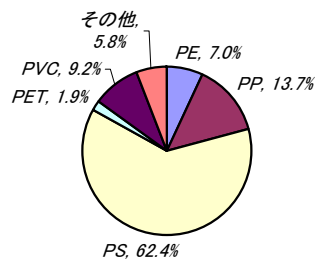
C



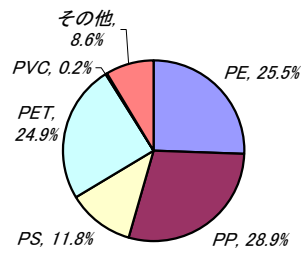
D



E



F



G

図 3-29 追加試験③-1 の各最終選別物の内容（材質構成比）

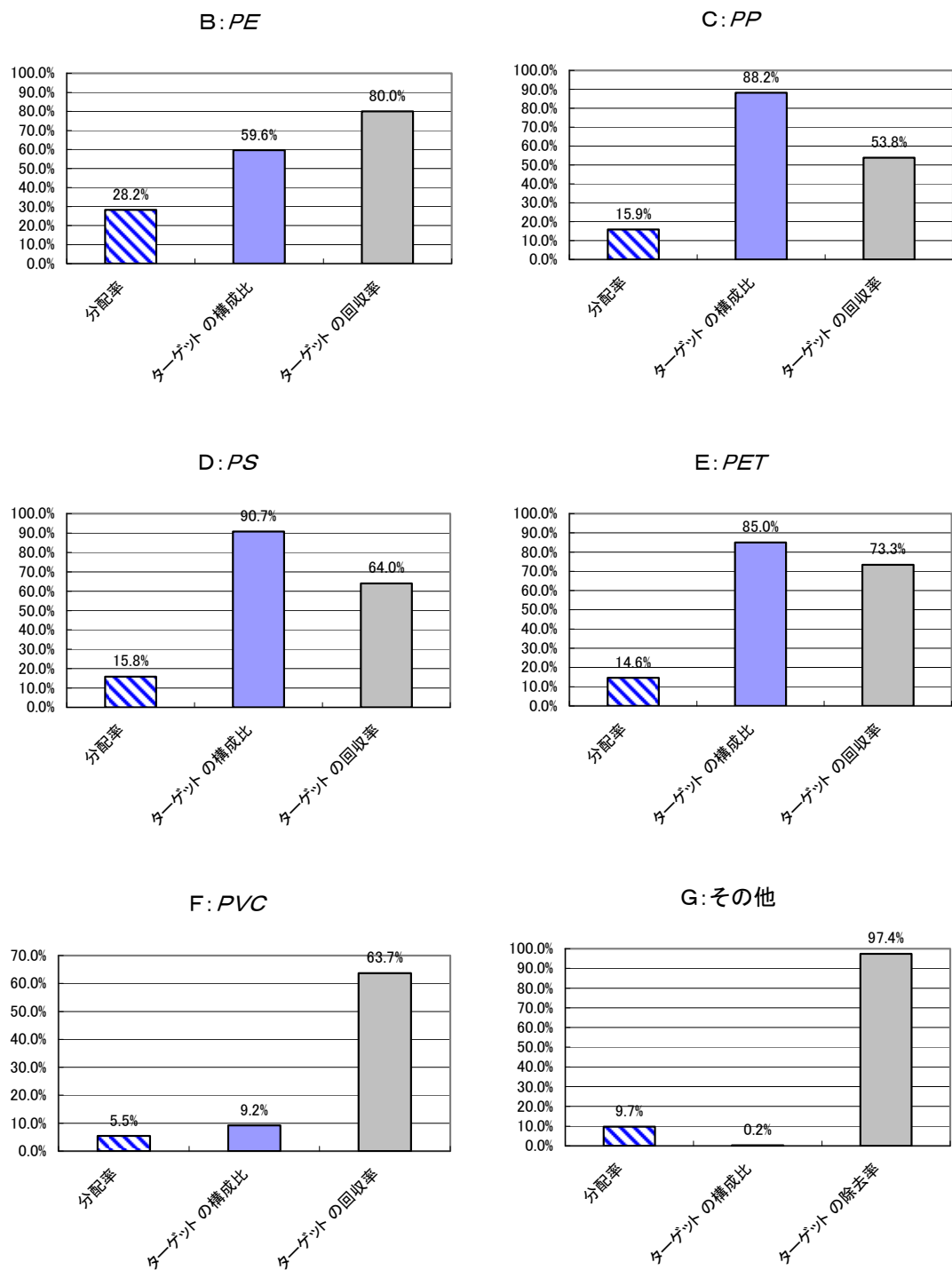


図 3-30 各最終選別物の分配率、構成比、回収率

次に、追加試験②-2の結果を示す。

各ターゲット材質の分配率は、**B** (*PE*) : 31%、**C** (*PP*) : 18%、**D** (*PS*) : 16%、**E** (*PET*) : 16%、**F** (*PVC*) : 7%となった (図3-31参照)。

各ターゲット材質の構成比は、**B** (*PE*) : 69%、**C** (*PP*) : 87%、**D** (*PS*) : 97%、**E** (*PET*) : 99%、**F** (*PVC*) : 24.1%となった (図 3-32 参照)。

各ターゲット材質の回収率は、**B** (*PE*) : 89.1%、**C** (*PP*) : 56.0%、**D** (*PS*) : 72.6%、**E** (*PET*) : 66%、**F** (*PVC*) : 87.5%となった (図 3-30 参照)。**G** (その他) については、*PVC*をターゲット材質とし、その構成比、除去率を示している。

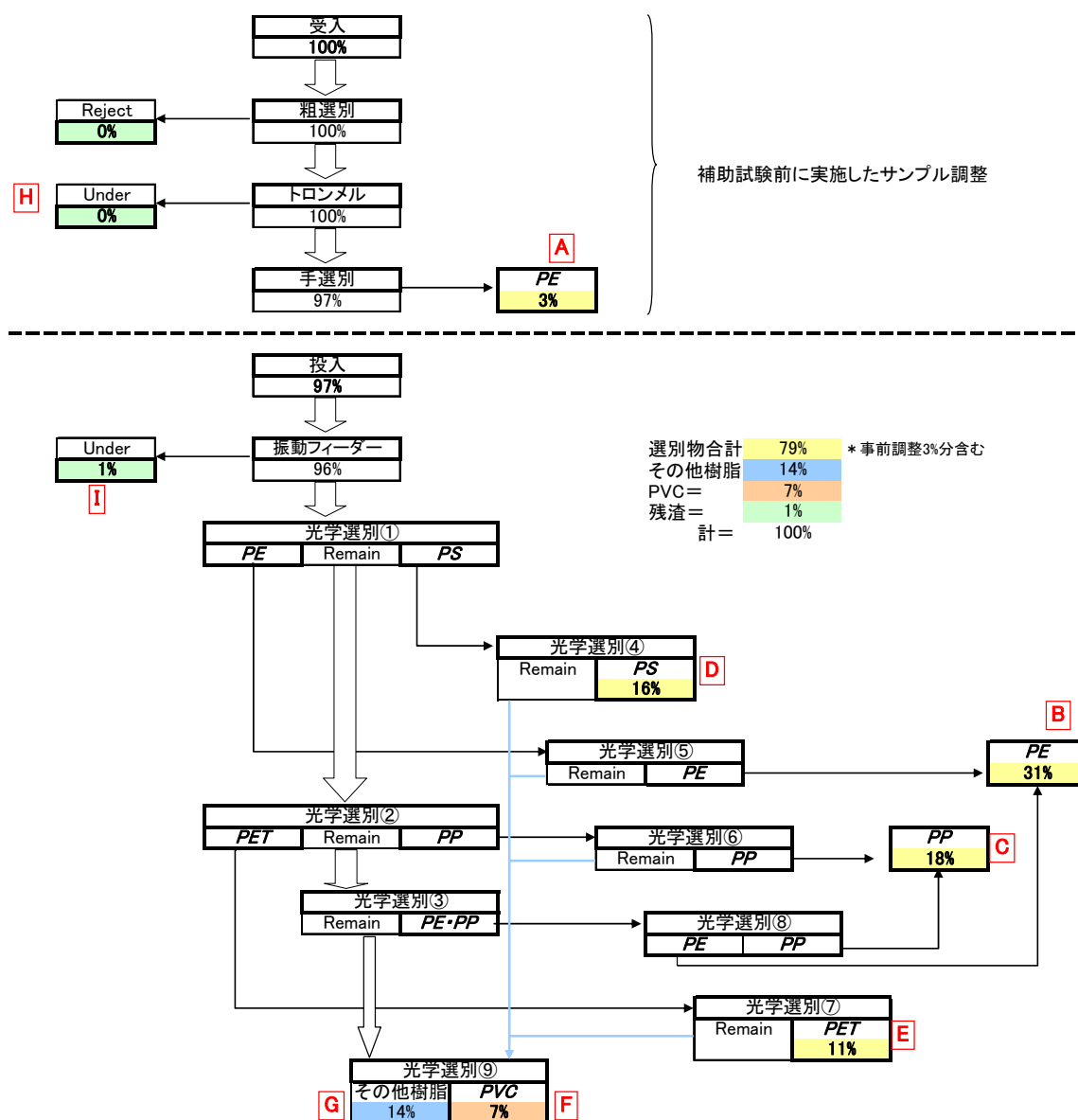
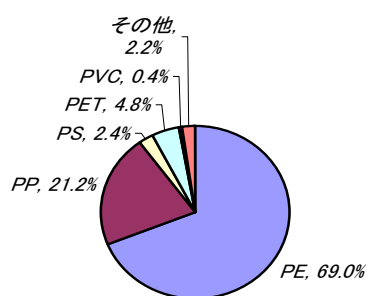
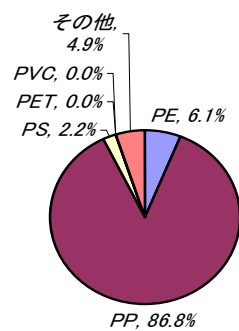


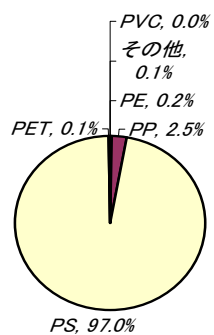
図 3-31 補助試験②-2 による試験結果 (各最終選別物への分配率)



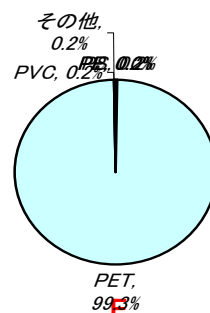
B



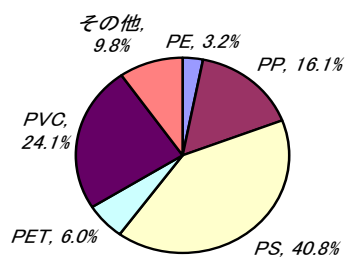
C



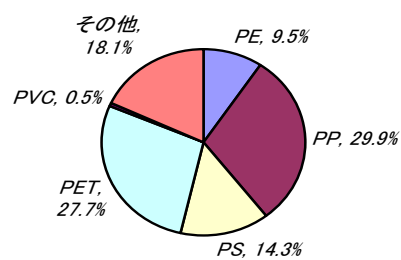
D



E



F



G

図 3-32 各最終選別物の内容（材質構成比）

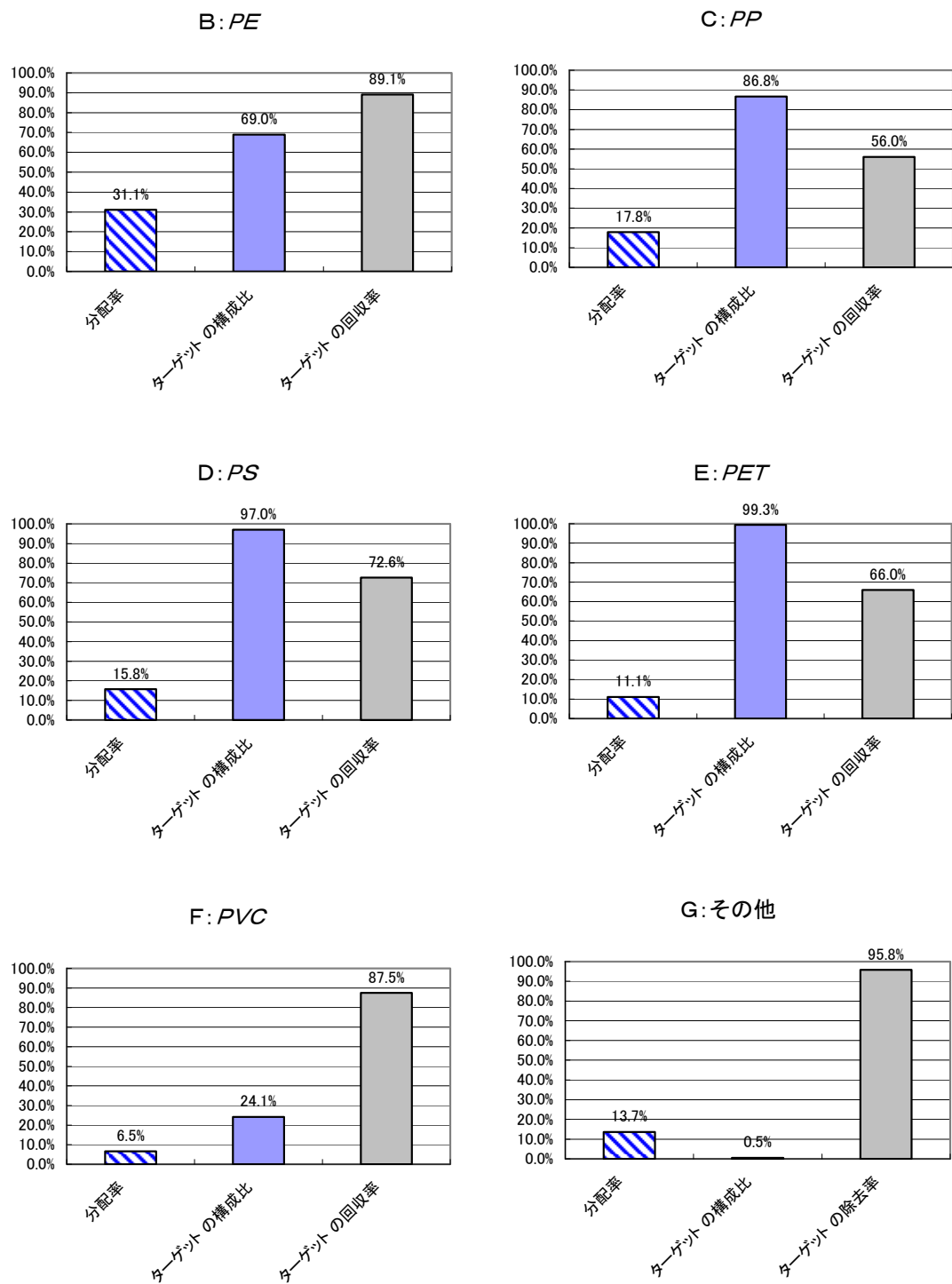


図 3-33 各最終選別物の分配率、構成比、回収率

3.2.7 <追加試験③>形状選別による効果把握

(1) 選別試験の概要

これまでの選別試験では、事前選別として手選別による大物袋の除去のみを実施してきたが、これを機械化することを目的として、バリスティックセパレーターを用いた形状選別+光学選別による試験を実施した(ただし、選別順序は *PET* > *PE* > *PP* > *PS*)。投入したサンプルの構成比を表 3-14 に示す。表 3-14 (上表) はバリスティックセパレーターの選別テスト用に、フィルム類 40%、硬質プラが 60%となるように調製したサンプルの組成である。本試験に使用した *PP*、*PE*、*PS*、*PET* の硬質プラの一部については、使用前の製品を購入して試験材料とした(国外での実験であるため)。バリスティックセパレーター試験後、重量物(=硬質系が主)を回収し、光学選別機のテスト材料(構成比は表 3-14 (下表) に示す)とした。

*バリスティックセパレーターとは、フィルム類(軽量物)、ボトル・トレイ類等(硬質系プラ)、及び細粒物の 3 種類に形状選別する設備であり欧州では多用されているが、国内でのプラ系用途ではあまり使用されていない。

表 3-14 投入物に含まれる各材質の重量

(バリスティックセパレーターに投入された原料の内訳)

	フィルム	PP硬質	PE硬質	PS	PET	その他	合計
重量(kg)	26.31kg	10.32kg	5.67kg	11.35kg	11.35kg	0.00kg	65.00kg
比率(%)	40%	16%	9%	17%	17%	0%	100%

(バリスティックセパレーター通過後の硬質系樹脂の内訳)

	PE	PP	PS	PET	PVC	その他	合計
重量(kg)	7.80kg	15.35kg	7.83kg	11.73kg	0.00kg	0.21kg	42.92kg
比率(%)	18%	36%	18%	27%	0%	0%	100%

(2) 選別試験結果

バリスティックセパレーターへの投入率を 100%とした場合の各最終選別物への分配率は、**A** (軽量物) (フィルム系) : 21.5%、**B** (*PET*) : 20.4%、**C** (*PP* 硬質) : 21.7%、**D** (*PE* 硬質) : 12.9%、**E** (*PS*) : 12.3%、**F** (その他樹脂) : 8.1%となった(図 3-34 参照)。

各ターゲット材質の構成比は、**B** (*PET*) : 97.2%、**C** (*PP* 硬質) : 93.8%、**D** (*PE* 硬質) : 83.4%、**E** (*PS*) : 94.2%となった(図 3-35 参照)。

各ターゲット材質の回収率は、**B** (*PET*) : 96.1%、**C** (*PP* 硬質) : 75.6%、**D** (*PE* 硬質) : 78.4%、**E** (*PS*) : 84.5%となった(図 3-36 参照)。

なお、*PP* (硬質)、*PE* (硬質) については、バリスティックセパレーターの重量物側(=硬質樹脂が主)であるため、(硬質)としているが、実際はフィルム等の軟質樹脂も含まれている。

ただし、本試験では調製したサンプル(上述)を使用した等のため、参考データとする(他のテスト結果との比較には注意が必要である)。

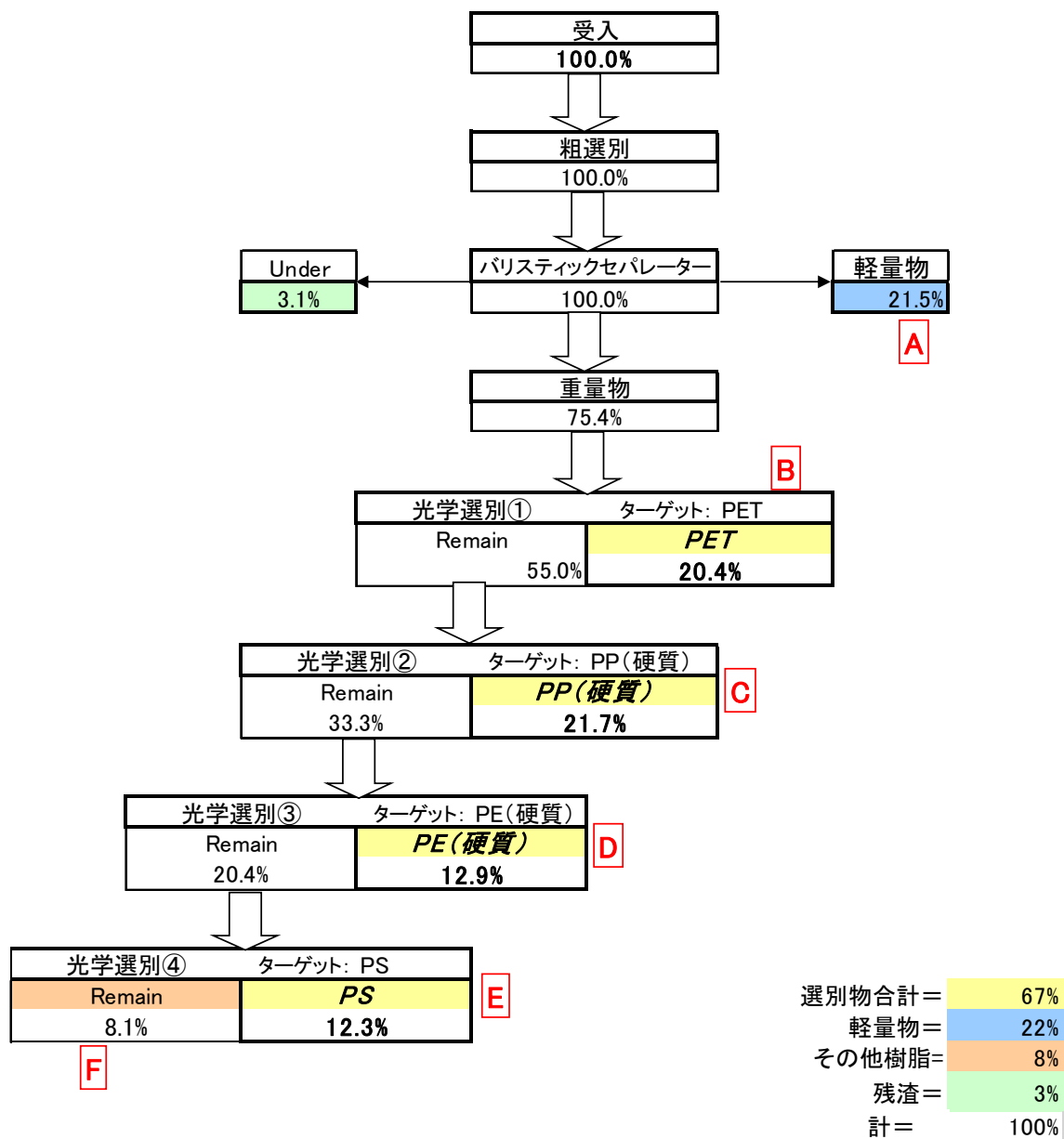
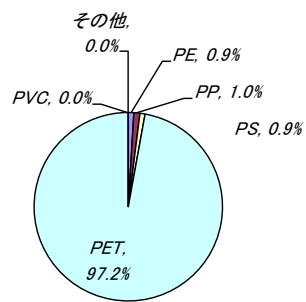
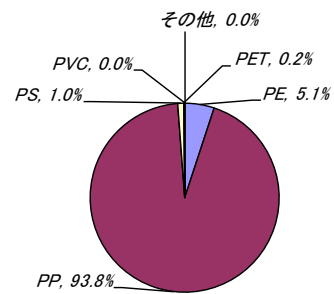


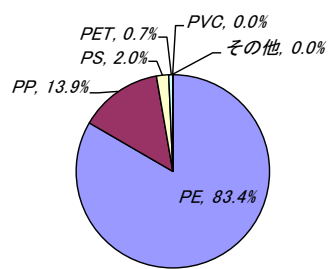
図 3-34 形状選別後の光学選別機による試験結果（各最終選別物への分配率）



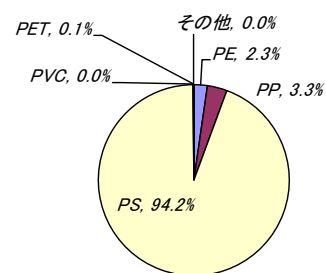
B (PET)



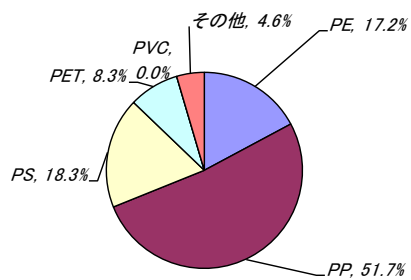
C (PP硬質)



D (PE硬質)



E (PS)



F (その他樹脂)

図 3-35 形状選別後の光学選別機による各最終選別物の内容（材質構成比）

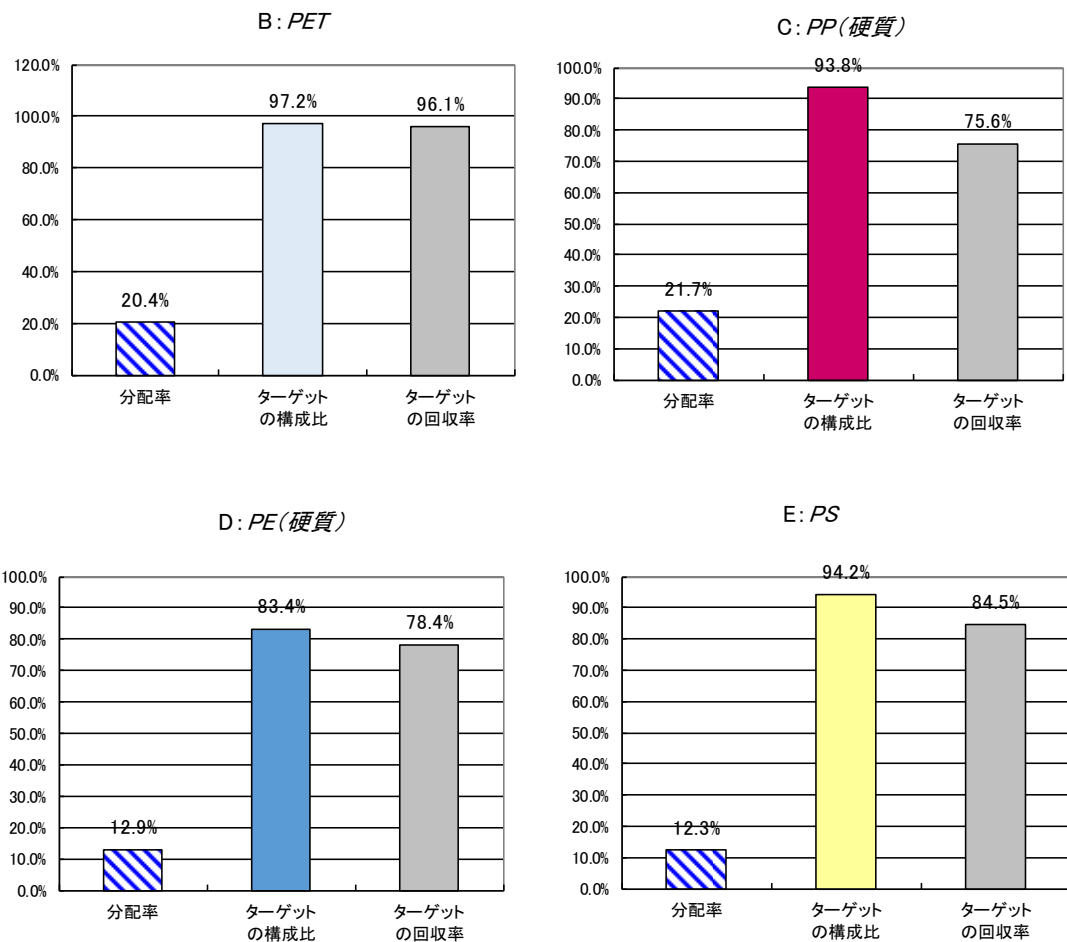


図 3-36 各最終選別物の分配率、構成比、回収率

4. 価値評価

4.1 組成分析

4.1.1 プラスチック製容器包装廃棄物（被選別物）の組成分析結果

最終選別物の比較評価を行うため、試験に供した被選別物であるプラスチック製容器包装廃棄物を 2-4 章、および表 2-9 (P15) に準じた方法で、*PE* フィルム類（複合あり）、*PE* フィルム類（複合なし）、*PE*（販売店の袋、指定収集袋）、*PE* ボトル類、*PP* フィルム類（複合あり）、*PP* フィルム類（複合なし）、*PP* トレー類、*PP* カップ類の 8 品目に分類し、それぞれの組成を分析した。

組成分析は 8 品目（表 4-1、4-2 の①～⑧）毎、約 10kg を粉砕した後、板状に成形したものから約 20mg を採取して試料とし、テトラクロロエタン（120℃）に溶解後

¹H-NMR測定（定性・定量分析が可能な化学分析方法）により可溶分の成分組成を算出した。

装置：	日本電子製 ECX400P型 核磁気共鳴装置
測定核：	¹ H
測定温度：	120℃
測定溶媒：	重水素テトラクロロエタン（化学シフト値：5.91ppm）
内部標準物質：	ポリジメチルシロキサン

表 4-1 材質別の形状比率（*PE*）

No.	材質	形状	用途	その他	形状比率	割合
①	PE	フィルム類	商品の袋	複合あり	8.13%	93.7%
②	PE	フィルム類	商品の袋	複合なし	2.98%	
③	PE	フィルム類	指定収集袋/商品の袋		11.18%	
④	PE	ボトル類			3.19%	
-	PE	その他			1.70%	6.3%
合計					27.18%	100.0%

表 4-2 材質別の形状比率（*PP*）

No.	材質	形状	用途	その他	形状比率	割合
⑤	PP	フィルム類	商品の袋	複合あり	10.37%	84.4%
⑥	PP	フィルム類	商品の袋	複合なし	4.66%	
⑦	PP	トレー類			4.23%	
⑧	PP	カップ類			5.64%	
-	PP	その他			4.59%	15.6%
合計					29.49%	100.0%

表 4-3 に分析結果を示す。

表 4-3 回収した容リプラの品目別組成分析結果 (NMR)

No.	種類	形状	用途	その他	組成分析 (wt%) 注1						
					PE	PP	Stユニット	BDユニット	PET	PVC (注2)	不溶解成分
①	PE	フィルム類	商品の袋	複合あり	72%	14%	<1	<1	6%	2%	6%
②	PE	フィルム類	商品の袋	複合なし	84%	8%	<1	<1	2%	1%	5%
③	PE	フィルム類	指定収集袋/商品の袋		91%	6%	<1	<1	1%	1%	<1
④	PE	ボトル類			90%	6%	<1	<1	<1	1%	3%
⑤	PP	フィルム類	商品の袋	複合あり	9%	79%	<1	<1	3%	2%	6%
⑥	PP	フィルム類	商品の袋	複合なし	6%	84%	<1	<1	1%	2%	7%
⑦	PP	トレー類			21%	68%	1%	<1	<1	4%	5%
⑧	PP	カップ類			20%	72%	2%	<1	<1	3%	2%

注1 値は各成分組成値の小数点以下を四捨五入した結果を記載

注2 3.0~4.5ppm をすべて PVC として取り扱ったため、実際より多めに見積もられていると考えられる。

注3 St ユニットはスチレンユニット、BD ユニットはブタジエンユニットのこと。各々、スチレン系樹脂、ブタジエン構造を有するゴムの成分などを表す。

上記結果より

イ) 各 PE 品目の PE%は、PE フィルム類 (複合あり) : 72%、PE フィルム類 (複合なし) : 84%、PE フィルム類 (販売店の袋、指定収集袋) : 91%、PE ボトル類 : 90% であった。

ロ) PE フィルム類 (複合あり) では、他の PE 品目と比較して PET や不溶解成分が多くなっている。不溶解成分にはタルク等の無機物のほか、PA 等の樹脂も含まれる。

ハ) 各 PP 品目の PP%は、PP フィルム類 (複合あり) : 79%、PP フィルム類 (複合なし) : 84%、PP トレー類 : 68%、PP カップ類 : 72% であった。

ニ) PP トレー類、PP カップ類については、柔軟性の付与等が目的と思われるが、PE や PS 系樹脂をブレンドしているため、PP 純度が低く PE の組成割合が高くなっている。

ホ) 不溶解成分にはタルク等の無機物のほか、洗浄工程を経ていないため、汚れ由来成分、紙類等が含まれていると思われる。

4.1.2 最終選別物の組成分析結果

Mode4-3により選別した最終選別物（*PE*、*PP*）について、4.1.1と同様の NMR による組成分析を実施した。

その結果、表4-4に示すように、ターゲット樹脂 *PE* の *PE* の wt%は86%、*PP*の *PP* の wt%は77%となった。

表4-4 Mode4-3最終選別物の組成分析結果

	Mode	樹脂	組成分析(wt%)注1						
			PE	PP	Stユニット	BDユニット	PET	PVC(注2)	不溶解成分
	Mode4-3	<i>PE</i>	86%	8%	2%	<1	<1	1%	3%
	Mode4-3	<i>PP</i>	15%	77%	5%	<1	1%	1%	2%

注1～3は表4-3と同じ（略）

4.1.3 最終選別物と被選別物の組成比較

光学選別は材質のみで判定し、形状など品目の差異は感知していない。よって、Mode4-3 のような選別工程による最終選別物（*PE*、*PP*）にはそれぞれ、表 4-1 や表 4-2 のような「品目」が混合されている。

そこで、これらの品目が混合された時の純度（*PE*%、*PP*%）を表 4-1、表 4-2 の重量割合、および表 4-3 を用い、各々の樹脂／品目についての組成分析（wt%）値の加重平均になると仮定して、「理論組成値」を算出した（表 4-5）。

表中、「材質」としている *PE*、*PP*が最終選別物のターゲット樹脂種である。

表 4-5 理論組成値

材質	組成分析(wt%)注1							備考
	PE	PP	Stユニット	BDユニット	PET	PVC(注2)	不溶解成分	
<i>PE</i>	84%	9%	<1	<1	3%	1%	3%	①～④ の加重平均
<i>PP</i>	13%	77%	1%	<1	1%	3%	5%	⑤～⑥ の加重平均

注 1～3 は表 4-3 と同じ（略）

これによると、

イ) 表 4-3 の①～④（全 *PE*）を加重平均した *PE*では、*PE*=84%

ロ) ⑤⑥（*PP*フィルム類）を加重平均した *PP*では、*PP*=77%

理論組成値（表 4-5）と Mode4-3 最終選別物（表 4-4）の NMR 分析の結果を比較した（図 4-1、図 4-2）。則ち、理論組成値は品目毎の分析結果を品目形状の比率によって加重平均としたものであり、Mode4-3 最終選別物の組成値は選別工程を経た各ターゲットの最終選別物の分析結果である。これらを比較することにより、光学式選別機の選別能力を把握することができる。

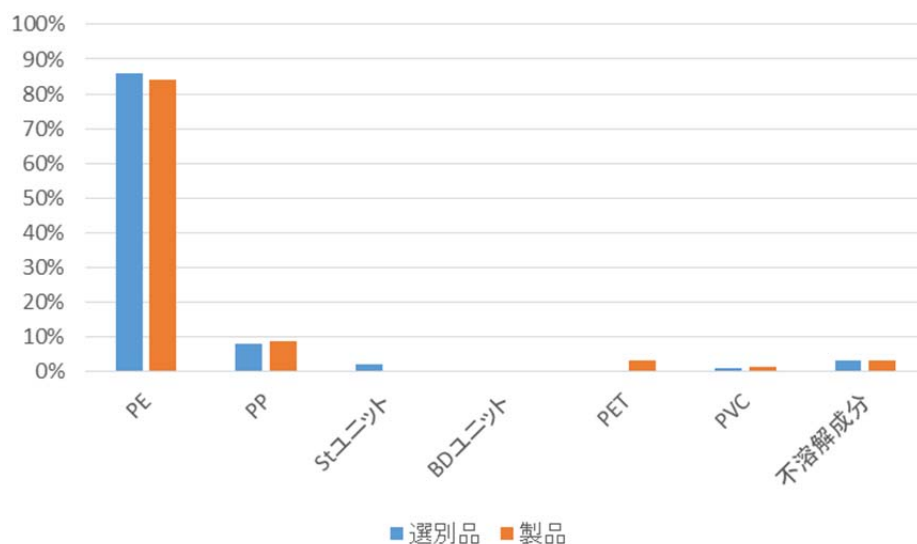


図 4-1 最終選別物 *PE* の組成と対応する理論組成の比較

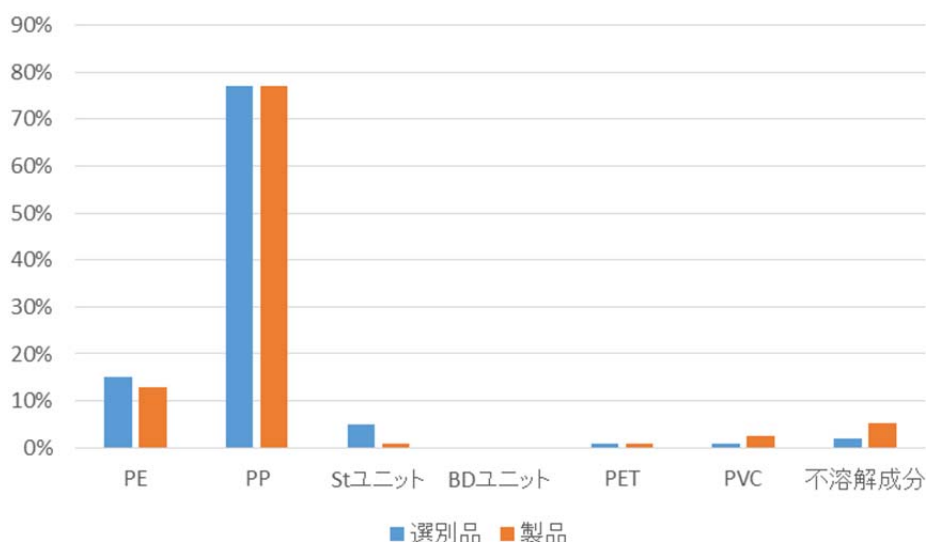


図 4-2 最終選別物 *PP* の組成と対応する理論組成の比較

図 4-1、4-2 より、選別品（＝最終選別物）／製品（＝回収品目比率による理論値）が、*PE*では 102%、*PP*では 100%とほぼ回収した製品の純度が得られていることが

ら、光学式選別機による選別精度はほぼ良好と考えられ、単一樹脂としての純度の限界は、元の製品の配合組成によることが示唆される。

【参考】

追加試験③として実施した B+Mode4による最終選別物（*PE*硬質、*PP*硬質、*PS*、*B*軽）の *PE*の組成分析結果を表4-6に示す。*PE*樹脂の *PE* 組成は91%、*PE*硬質樹脂の *PE* 組成は81%、*PP*硬質樹脂の *PP* 組成は80%、*PS*樹脂の *PS* 組成は99%となった。

**B* 軽…バリスティックセパレーターによって選別されたフィルム類（軽量物）。

表4-6 B+Mode4の最終選別物の組成分析結果

樹脂	Mode	組成分析(wt%)注1						
		PE	PP	Stユニット	BDユニット	PET	PVC(注2)	不溶解成分
<i>PE</i> 硬質	B+Mode4	81%	13%	1%	<1	<1	1%	3%
<i>PP</i> 硬質	B+Mode4	15%	80%	1%	<1	3%	1%	<1
<i>PS</i>	B+Mode4	1%	<1	99%	<1	<1	1%	<1
<i>B</i> 軽	B+Mode4	39%	52%	3%	<1	1%	3%	2%

注 1～3 は表 4-3 と同じ（略）

※これらの結果も Mode4-3と同様「理論組成値」との比較評価から、選別精度は良好であると判断できる。

※バリスティックセパレーターは、*PE*、*PP*のフィルム類を精度良く回収することが可能と思われる。

（ただし、本試験の被選別物は調製したものであり、袋類等が勘合等することなくすべて分離しており、選別も実験室レベルのものであるため、参考情報と考える）。

4.2 機械的特性

4.2.1 回収した容リプラ、および最終選別物の機械的特性

本実証実験のサンプルに使用した回収した容リプラと選別試験により Mode4-3で選別された最終選別物の機械的特性を測定した。なお、B+Mode4で選別された最終選別物、従来運用している容リペレットに関する機械的特性についても参考情報として記載する。

表 4-7 実験サンプルで使用した容リプラの種類別機械的特性

No.	種類	形状	用途	その他	機械的特性								
					MFR	引張降伏強度	引張破断伸度	ヤング率	曲げ強度	曲げ弾性率	IZ衝撃強度 (23℃)	灰分	密度 (注1)
					JIS-K7210	JIS-K7161	JIS-K7161	JIS-K7161	JIS-K7171	JIS-K7171	JIS-K7110	JIS-K2272	JIS-K7112
					g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	Mpa	KJ/m ²	%	g/cm ³
①	PE	フィルム類	商品の袋	複合あり	0.81	9.1	30	440	13.1	405	34.2	3	0.913
②	PE	フィルム類	商品の袋	複合なし	0.72	11.5	75	510	12.2	360	40.4	0.6	0.945
③	PE	フィルム類	指定収集袋/商品の袋		0.44	14.6	250	610	16.5	520	39.7	2.1	0.95
④	PE	ボトル類			0.41	22.1	20	710	21.5	820	11.1	1.9	0.963
⑤	PP	フィルム類	商品の袋	複合あり	8	23.1	12	560	32.8	1070	4.6	2.5	0.905
⑥	PP	フィルム類	商品の袋	複合なし	7.2	26.6	15	550	37.8	1285	4.9	2	0.875
⑦	PP	トレー類			2	30.8	25	750	39.5	1470	7.4	4.6	0.947
⑧	PP	カップ類			2.6	31.2	13	770	43.3	1620	9.1	1.2	0.928

表 4-8 Mode4-3 の最終選別物 (PE) の機械的特性

樹脂			機械的特性								
			MFR	引張降伏強度	引張破断伸度	ヤング率	曲げ強度	曲げ弾性率	IZ衝撃強度 (23℃)	灰分	密度 (注1)
			JIS-K7210	JIS-K7161	JIS-K7161	JIS-K7161	JIS-K7171	JIS-K7171	JIS-K7110	JIS-K2272	JIS-K7112
			g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	Mpa	KJ/m ²	%	g/cm ³
PE	平均		0.32	13.3	30	571	16.2	588	25.2	2.9	0.92
PE	最大		0.44	14.5	35	760	18.4	685	33.4	4.0	0.95
PE	最小		0.21	11.5	24	365	12.4	420	16.2	1.8	0.89

表 4-9 Mode4-3 の最終選別物 (PP) の機械的特性

樹脂			機械的特性								
			MFR	引張降伏強度	引張破断伸度	ヤング率	曲げ強度	曲げ弾性率	IZ衝撃強度 (23℃)	灰分	密度 (注1)
			JIS-K7210	JIS-K7161	JIS-K7161	JIS-K7161	JIS-K7171	JIS-K7171	JIS-K7110	JIS-K2272	JIS-K7112
			g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	Mpa	KJ/m ²	%	g/cm ³
PP	平均		3.13	22.5	9	530	32.4	1236	4.5	2.3	0.92
PP	最大		3.70	24.6	10	650	34.2	1317	5.5	2.9	0.92
PP	最小		2.80	19.5	8	420	31.0	1160	3.7	1.8	0.91

注1 密度は成形プレートにて計測しているので 発泡状態のサンプルは灰分/原料ベースとの相間が取れない事がある。

表 4-10 【参考】B+Mode4 最終選別物の機械的特性

樹脂	Mode	機械的特性								
		MFR	引張降 伏強度	引張破 断伸度	ヤング率	曲げ強度	曲げ弾 性率	IZ衝撃強度 (23℃)	灰分	密度 (注1)
		JIS－ K7210	JIS－K 7161	JIS－K 7161	JIS－K 7161	JIS－K 7171	JIS－K 7171	JIS－K 7110	JIS－K 2272	JIS－K 7112
		g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	Mpa	KJ/m ²	%	g/cm ³
PE硬質	B+Mode4	0.50	22.0	85	1100	25.0	995	11.3	1.4	0.96
PP硬質	B+Mode4	6.40	22.0	15	1050	33.0	1115	6.9	1.8	0.90
PS	B+Mode4	3.40	25.0	3	2100	47.0	2250	3.6	3.4	1.04
B軽	B+Mode4	4.60	19.2	58	965	24.8	860	6.8	1.8	0.94

注1 密度は成形プレートにて計測しているので 発泡状態のサンプルは灰分/原料ベースとの相間が取れない事がある。

表 4-11 【参考】従来の容リペレットの機械的特性

樹脂		機械的特性								
		MFR	引張降 伏強度	引張破 断伸度	ヤング率	曲げ強度	曲げ弾 性率	IZ衝撃強度 (23℃)	灰分	密度
		JIS－ K7210	JIS－K 7161	JIS－K 7161	JIS－K 7161	JIS－K 7171	JIS－K 7171	JIS－K 7110	JIS－K 2272	JIS－K 7112
		g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	Mpa	KJ/m ²	%	g/cm ³
PE/PP混合	(n=7)	4.2	20.4	67.9	845	23.4	776	5.1	1.4	0.94
PP	(n=6)	7.8	20.3	9.5	1008	29.9	1047	4.8	2.6	0.94
PE	(n=6)	0.66	14.7	40.3	698	19.5	720	6	1.9	0.96
PS	(n=1)	19.5	35.7	2	2848	75.8	2278	4.9	－	1.06

*PE/PP 混合…容器包装プラスチックを意図的に PE、PP の選別をせず、PS、PET 等の比重が 1 より大きい樹脂を意図的に除去して生産したもの。

※なお、本実証試験における価値評価では機械的特性以外の特性評価は実施していない。

4.3 ドイツの容リペレットの品質（参考）

追加試験③はドイツで実施した。そこで併せて、本実証試験の「価値評価」の参考情報とするため、欧州でのプラスチック製容器包装リサイクル及び再生ペレットに関する調査を実施した。欧州では、ソーティングセンターで樹脂等の選別を実施しており、選別後の樹脂については容器包装バールの引取保証会社（DKR）がバール引取基準を定め引取りを行っている（表 4-12 参照）。

表 4-12 欧州における容器包装バール引取基準

		Plastic Films	Mixed Plastic Bottles	Polyolefin Plastic Bottles	PP	PE	PS	EPS	Mixed Plastics	Mixed Plastics New
純度		92%	94%	94%	94%	94%	94%	97%	90%	90%
不純物	合計	8%	6%	6%	6%	6%	6%	3%	10%	10%
	金属、無機物で 100gより重いもの	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他の金属	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<2%	<2%
	PE	-	-	-	<1%	-	-	-	-	-
	PP	-	-	-	-	<3%	-	-	-	-
	EPS	-	-	-	<0.5%	<0.5%	<1%	-	-	-
	Plastic films	-	-	-	<2%	<5%	-	-	-	-
	PVC	-	-	-	-	-	-	-	<0.5%	<0.5%
	紙、ダンボール	-	-	-	-	-	-	-	<5%	<5%
	PET	-	-	-	-	-	-	-	<4%	<3%
	その他のプラスチック	<4%	<3%	<3%	-	-	<4%	-	-	-
	その他	<4%	<3%	<3%	<3%	<3%	<2%	-	<3%	<3%
例 ガラス、紙、ダンボール、カートン、アルミ蒸着のプラ、他素材(ゴム、石、木、繊維、おむつ)、有機物										
納入形態	形態	バール	バール	バール	バール	バール	バール	1m ³ か2.5m ³ の袋バール	バール	バール
	トラック容積	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³	78.62m ³
	かさ比重	0.29t/m ³	0.18t/m ³	0.19t/m ³	0.22t/m ³	0.22t/m ³	0.24t/m ³	0.01t/m ³	0.27t/m ³	0.27t/m ³
	最低積載重量	23t	14t	15t	17t	17t	19t	0.7t	21t	21t

表4-12に規定されているバール等からリサイクルした *PE* ペレット4種類、*PP* ペレット1種類のサンプルを入手出来たので組成分析を実施した。*PE* ペレットの *PE* 組成は87%~91%、*PP* ペレットの *PP* 組成は89%といずれも90%前後と高い値であった。

表4-13 ドイツ製容リペレットの組成分析結果

樹脂	組成分析(wt%) 注1						
	PE	PP	Stユニット	BDユニット	PET	PVC(注2)	不溶解成分
<i>PE</i>	91%	7%	<1	<1	<1	1%	<1
<i>PE</i>	90%	9%	<1	<1	<1	1%	<1
<i>PE</i>	88%	10%	<1	<1	<1	1%	<1
<i>HDPE</i>	87%	11%	1%	<1	<1	1%	<1
<i>PP</i>	9%	89%	2%	<1	<1	1%	<1

注 1~3 は表 4-3 と同じ（略）

今回入手したサンプルが少量であったため、機械的特性の測定が実施できなかった。そのため、カタログから得られた機械的特性を表4-14に示す。

表 4-14 ドイツ製容リペレットの機械的特性（カタログ値）

樹脂	機械的特性								
	MFR	引張降 伏強度	引張破 断伸度	ヤング率	曲げ強度	曲げ弾 性率	IZ衝撃強度 (23℃)	灰分	密度
	g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	Mpa	KJ/m ²	%	g/cm ³
PP	12	25.0	—	—	—	1170	—	≤2	0.91
LDPE	1	15.0	—	—	—	300	—	≤2	0.92
HDPE	1	22.0	—	—	—	760	—	≤2	0.94
Mixed Plastic	0.08 ^{*1}	9.0	—	—	—	1100	—	≤5.3	—
Film Plastic	32 ^{*2}	14.9	—	—	—	645	—	≤5.3	—

*1 :190℃/5kg g/10min

*2 :230℃/2.16kg cm³/10min

* ドイツにおける容リベール、ペレットの流通価格についてヒアリングを実施した。ドイツではSC で選別された「単一素材ベール」は 2.5～2.8 万円/トンでリサイクラーに売却され、リサイクラーはその再生ペレットを 8～12 万円/トンで売却している。

4.4 機械的特性と組成分析結果

選別試験（Mode4）で得られた最終選別物 *PE* および *PP* について成形素材としての位置づけを調べるため、各々の組成と MFR（流動性）、機械的特性の関係をグラフ化した。なお、品目別に分離した試料、ドイツ容リプラによるペレットサンプル（機械的特性はカタログ値）等についても合わせてプロットした。

＜以下、図中 ◆：最終選別物 ◆：品目別 ◆：参考データ を表す＞

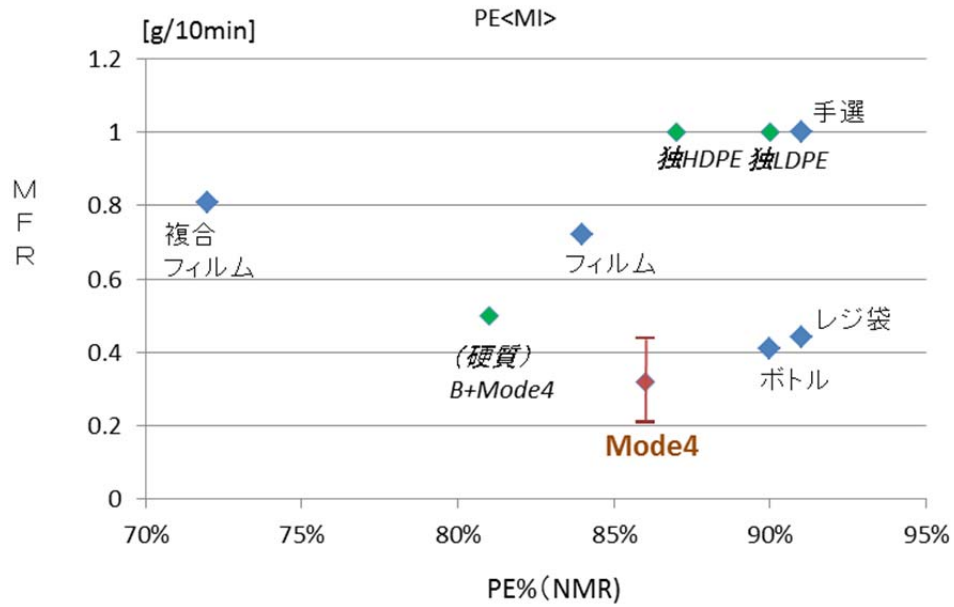


図 4-3 最終選別物 PE の組成と流動性

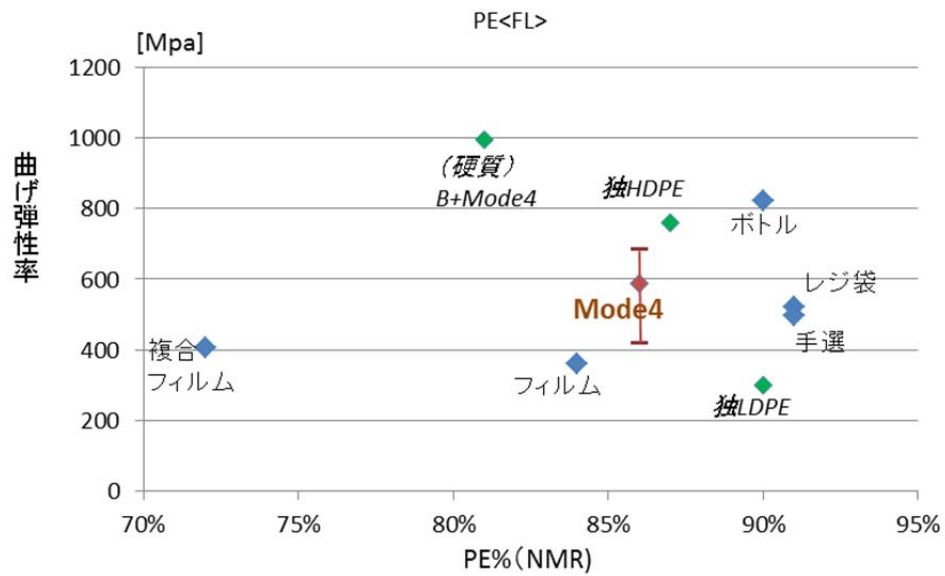


図 4-4 最終選別物 PE の組成と曲げ弾性率

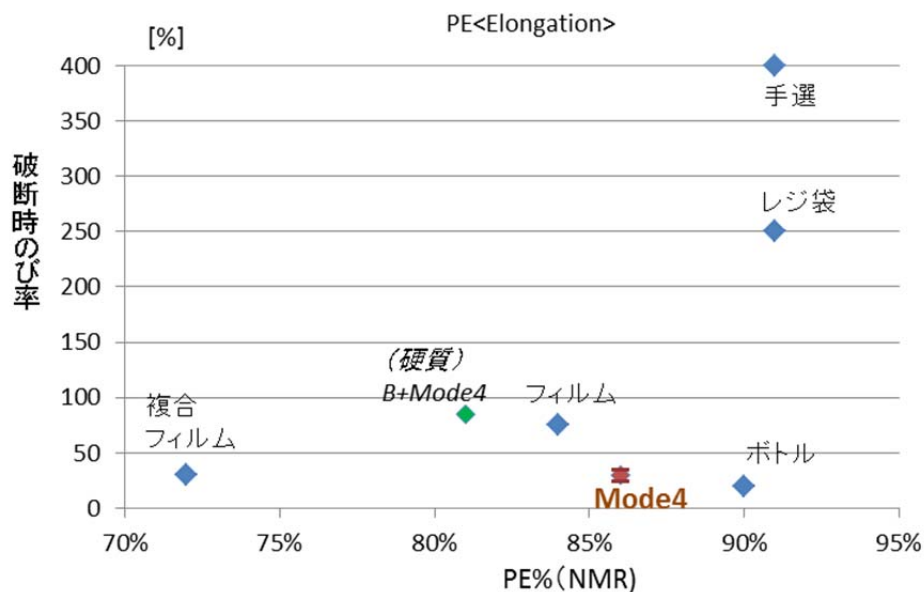


図 4-5 最終選別物 *PE* の組成と引張破断時のび率

【*PE*について】以上のグラフより、

- イ) 流動性については、0.4 程度と非常に低い値を示す。これは、最終選別物に含まれる低 MFR である品目の材質に引きずられた結果と見られる。
- ロ) 曲げ弾性率については混合された材質の平均的な値となっている。
- ハ) 引張破断時のび率は「Mode 4」が、PE%に依らず低い値を示した。これは、最終選別物に含まれる「ボトル」等、低い値の材質に引きずられているように見えるが、加えて、本 *PE* は非相溶である異種材質が混合された状態であるため、引張時の応力集中を受ける界面などの欠陥を生じていることが影響していることも考えられる。

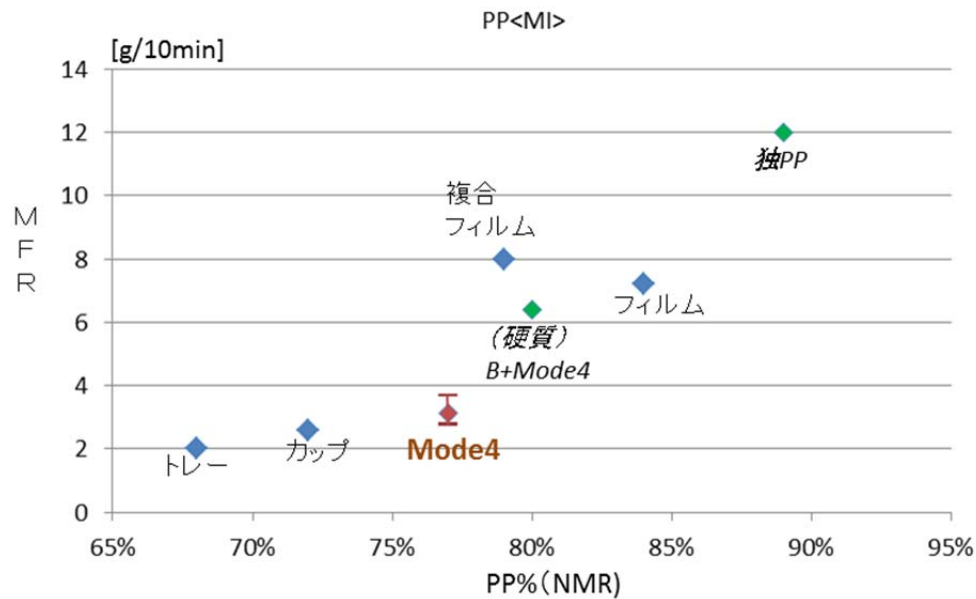


図 4-6 最終選別物 *PP* の組成と流動性

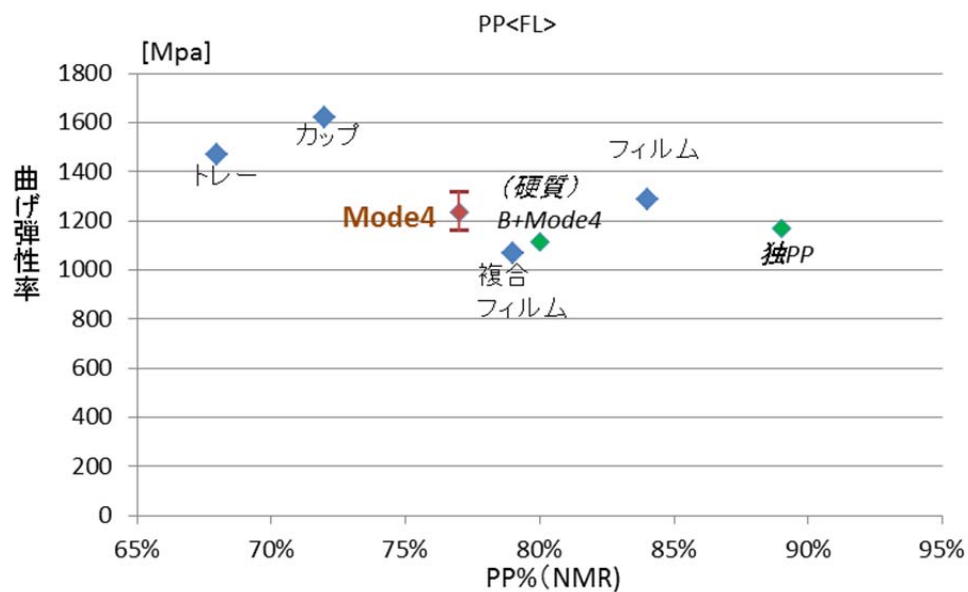


図 4-7 最終選別物 *PP* の組成と曲げ弾性率

【*PP*について①】以上のグラフより、

イ) *PP*%と流動性の関係は *PE* の場合に比べ相関が高いように見えるが、やはり低 *MFR* の材質に引きずられた結果となっている。なお、データのばらつきは *PE* より小さくなっている。

ロ) 曲げ弾性率はほぼ平均的な値を示す。なお、「トレー」や「カップ」は製品製造の

段階で、PP/PE のポリマーブレンド品が使われているとの情報があり、PE%が高くとも弾性率の低下が抑えられている。これに対し、「複合フィルム」では PET などの異種のポリマーとの複層であり、これを単純に混練した結果、物性低下が大きいのではないと思われる。

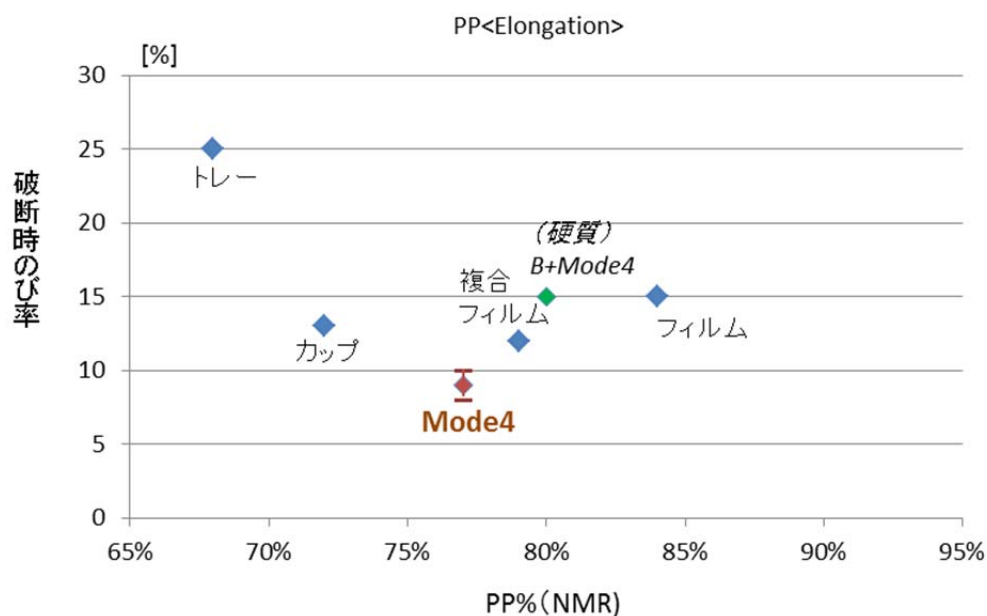


図 4-8 最終選別物 PP の組成と引張破断時のび率

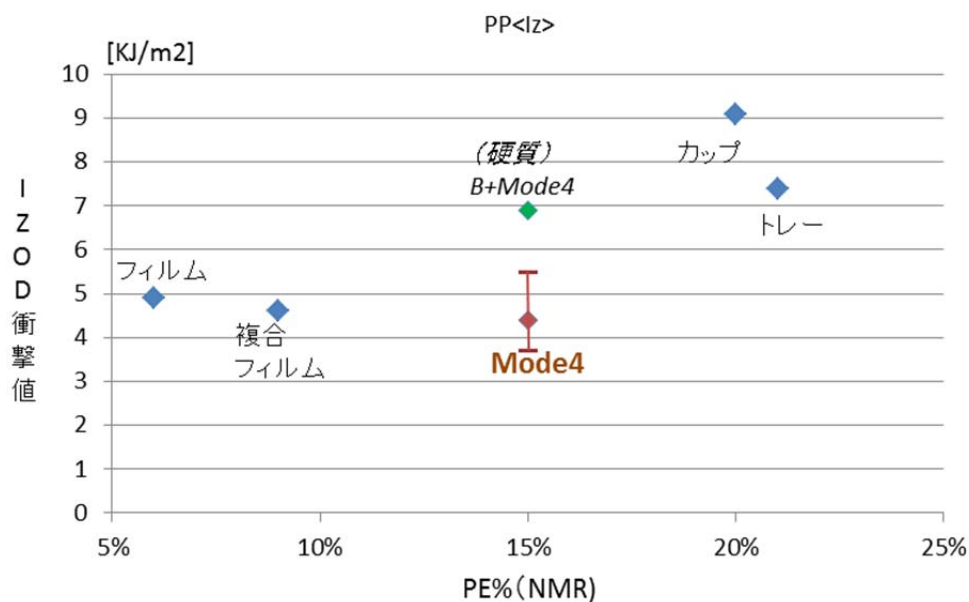


図 4-9 最終選別物 PP の組成と Izod 衝撃値
(本図のみ横軸は PE% であることに注意)

【PPについて②】以上のグラフより、

ハ) 破断時のび率は *PE* の場合と同様、非常に低い値を示しているが、異種材料の混合による影響によるものではないかと考えられる

ニ) *PP* はその用途としてバージンや単一樹脂である再生 *PP* 等の代替／部分配合が想定されるため衝撃特性についても示した (図 4・9)。なお、本図のみ X 軸は (混合されている) *PE*% としているので注意いただきたい。

衝撃特性も、ハ) と同様の傾向を示し *PE*% が 15% 程度であるにもかかわらず低い値を示している。

4.5 最終選別物の販売可能性

4.5.1 評価の方法

本実証試験の範囲はプラスチック製容器包装廃棄物から選別した最終選別物に対する評価までである。しかし、再生材利用先の評価を受けるためにはその最終選別物をペレタイズした素材として供することが必要となるため通常の工程で再生ペレットを試作し、データシート（選別方法（素性）、NMR 分析結果、流動性、機械的特性、ペレット外観写真などを含む）を添付のうえ、評価対象としてヒアリングを実施した。

4.5.2 利用事業者へのヒアリング

販売可能性については、大手コンパウンド会社のうち 2 社に対して実験の趣旨を説明した上で価値評価実施の協力を得、その他に 3 社にも追加してヒアリングを実施した。

ヒアリング結果のまとめを表 4-15 に示す。表中「用途」は先方が想定する成形法、同じく「製品例」は想定される成形品例であるが、これらの製品に 100%利用できるということではなく、配合材料の一部（30%程度との答えが多い）として適用可能性があるという意味である。

このような条件の下で答えを貰い、*PE*（手選）、*PE*（硬質）、*PP*（硬質）の平均単価は 38 円/kg となった。なお、臭気や純度が改善されればさらに 10 円～20 円上がる可能性があることも指摘された。*PS* については異物レベルが低減すればさらに高くなる可能性がある。

なお、欧州製のペレットについてもヒアリングを実施したが、本試験で作成したペレットと評価に差はなかった。

表 4-15 価値評価ヒアリング結果

Mode		単価	用途	製品例	備考
Mode4-3	PE(手選)	35	ブロー	自動車ダクト	臭気、純度が改善されれば+10円～20円
Mode4-3	PE(手選)	35	押出	シート	
Mode4-3	PE(手選)	45		文具	
	PE(手選)(平均)	38			
Mode4-3	PE	35	ブロー	自動車向けダクト	純度、臭いがクリアされれば+10円～20円
B+Mode4	PE(硬質)				
Mode4-3	PE	35		建材、パイプ	
B+Mode4	PE(硬質)				
Mode4-3	PE	45	押出	シート	
B+Mode4	PE(硬質)				
	PE(平均)	38			
Mode4-3	PP	35			
B+Mode4	PP(硬質)				
Mode4-3	PP	35	押出	シート	
B+Mode4	PP(硬質)				
Mode4-3	PP	45		車内装、車部品	
B+Mode4	PP(硬質)				
	PP(平均)	38			
Mode4-3	PS	35	押出	建材	
B+Mode4					
Mode4-3	PS	50			
B+Mode4					
Mode4-3	PS	45			文具に使える純度、異物レベルの場合70円
B+Mode4					
Mode4-3	PS	35		建材、ハンガー	
B+Mode4					
Mode4-3	PS	45		文具	
B+Mode4					
PS(平均)	PS(平均)	42			
Mode4-3	PET	10		短繊維	色目を気にしない短繊維に限定
B+Mode4					
PET(平均)	PET(平均)	10			

4.5.3 各選別 Mode での売上試算

上記ヒアリング結果と選別可能性試験の結果より、Mode4-3 でのプラスチック製容器包装廃棄物 1 kg を投入したときの売上（円）を算出した。売上については、有価物で販売できるものは正数で、処理コストを支払って引きとられるものを負数で記載した（表 4-16 参照）。

Mode4-3 の正の売上は 17.3 円、負の売上は－10.6 円となり、正の売上、負の売上の合計は 6.7 円となった。

（なお、B+Mode 4 で同様の試算をしたところ、正の売上が 24.5 円、負の売上が－2.7 円、合計が 21.8 円となった。これは、売上に影響しているのは分配率であり、B+Mode 4 では分配率が 88.1%と高いためである。ただし、B+Mode4 は前述のようにサンプル等が理想的な状態でのテスト結果であり、かつ「B 軽」も売上げに計上している等のため参考情報とする）。

表 4-16 Mode4-3 における売上試算

選別物	分配率	ペレット単価 (円/kg)	売上 (円)
PE(手選)	9.2%	38	3.5
PE	9.1%	38	3.5
PP	14.1%	38	5.4
PS	10.2%	42	4.3
PET	7.0%	10	0.7
RPF	0.0%	8	0.0
有価物合計	49.6%		17.3
PVC	2.7%	-40	-1.1
その他	47.7%	-20	-9.5
残渣		-20	0.0
合計	100.0%	-	6.7

次に、Mode4-3 において、最終選別物をベール状として樹脂再生会社に売却する場合の価値を把握するため、最終選別物の価値を試算したところ 10.9 円/kg となった。この試算は、処理能力 50000t クラスの選別工場から生産される最終選別物（ベール）を全量引き取る工場があると仮定し、その工場がペレット 1kg を生産するために樹脂再生会社が必要なコストを 24 円/kg と想定し、Mode4-3 におけるペレット単価の加重平均値 34.9 円から差し引いて算出した（最終選別物をペレット化する際の歩留まり及び利益等を考慮していない点に注意が必要である）。

Mode6 は、光学選別しケミカル／サーマルリサイクル向け原料を生産することを想定した。RPF の売価については、カロリー等価であることから石炭の価格とした（ケミカルについては、燃料利用ではないが、CO、H₂を得ることを目的としていることから同様に評価している）。（表 4-17 参照）

表 4-17 Mode6 における売上試算（ケミカル/RPF 向け）

選別物	分配率	ペレット単価 (円/kg)	売上 (円)
PE(手選)	0.0%	38	0.0
PE	0.0%	38	0.0
PP	0.0%	38	0.0
PS	0.0%	42	0.0
PET	0.0%	10	0.0
RPF	84.0%	8	6.7
有価物合計	84.0%		6.7
PVC	16.0%	-40	-6.4
その他	0.0%	-20	0.0
残渣	0.0%	-20	0.0
合計	100.0%	-	0.3

4.6 コスト評価

Mode4-3、Mode6 での設備投資額の概算を算出し、償却期間を 8 年とした場合の設備投資コストを図 4-10 に示す。Mode4-3 の選別工程については、解砕機、トロンメル、光学選別機等が含まれている。製品化工程には、*PE*、*PP*、*PS* についてはペレットまでを最終製品として、破砕機、洗浄機、造粒機等を、*PET* についてはフレークを最終製品として、破砕機、洗浄機等を含むラインとした。

Mode6 の選別工程については解砕機、トロンメル、光学選別機等が含まれている。製品化工程については、破砕機、造粒機等が含まれている。

Mode4-3 では、処理量 1kg あたりの設備投資コストは、選別工程が 2.1 円/kg、製品化工程が 2.1 円/kg となり、Mode6 では、選別工程が 1.1 円/kg、製品化工程（RPF 化）が 1.7 円/kg と想定した。

（なお、B+Mode4 について算出すると、選別工程で 3.3 円/kg、製品化工程で 3.6 円/kg の処理量あたりの設備投資コストになった。）

これらは、選別工程数や最終製品の生産量に応じて差が生じている。

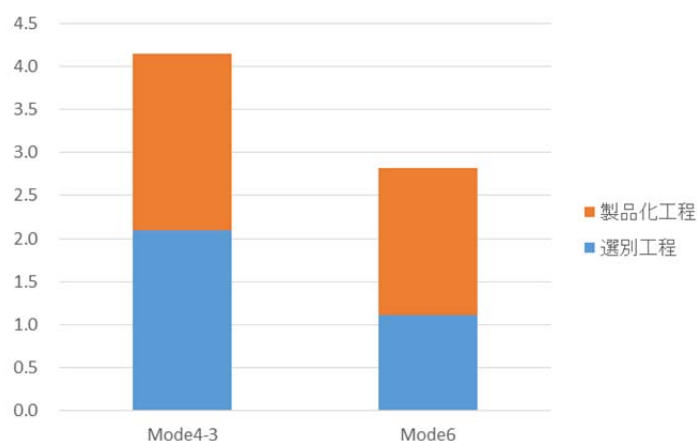


図 4-10 Mode 毎の設備投資コスト（設備規模 50,000 t/年）（単位：円/kg）

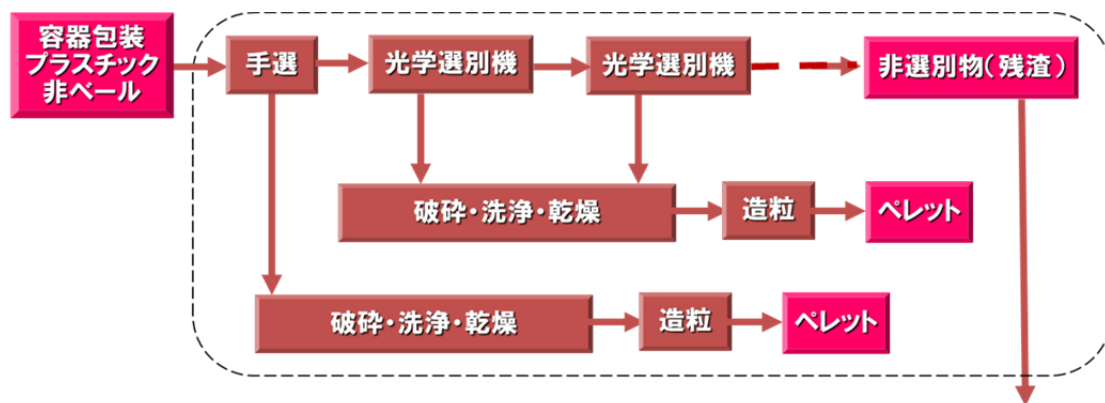


図 4-11 Mode4、Mode4-3 におけるバウンダリー
(なお、B+Mode4 では上図の手選に替え、バリスティックセパレーターを使用している)

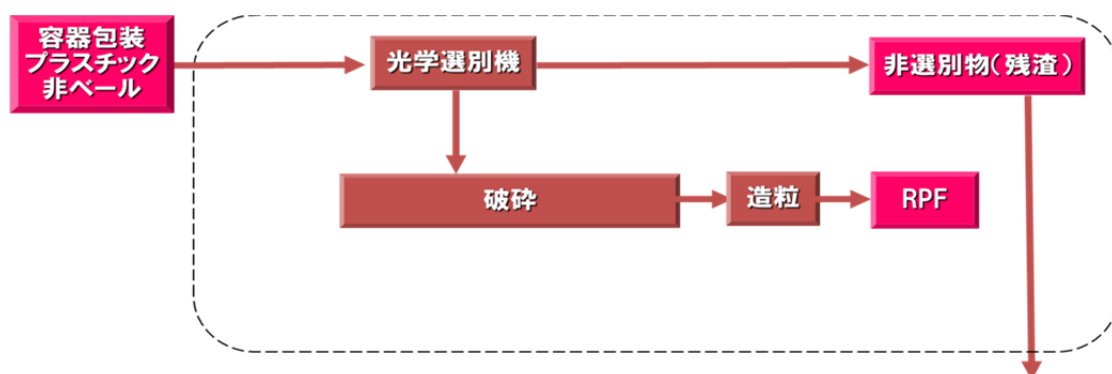


図 4-12 Mode6 におけるバウンダリー

次に、Mode4-3 および、Mode6 における設備規模別の費用を算出した。算出にあたっては、稼働率を 100%として、選別に係わる経費、減価償却費（設備 8 年、建物 38 年定額）、廃棄物処理費、を規模別に算出し合算している（図 4-13 参照）。

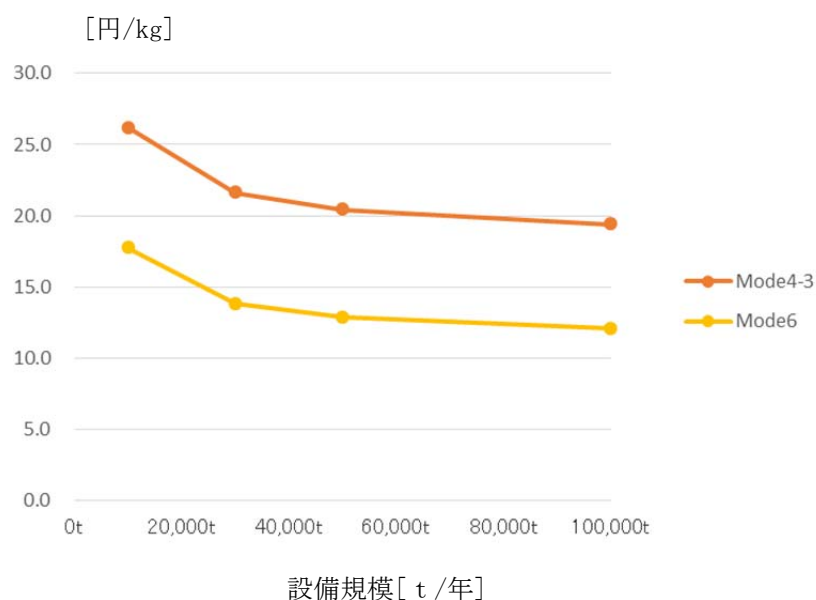


図 4-13 各 Mode における規模別費用

※本コスト評価は、種々の事業化や FS のための基礎的なデータを例示したものである。

5. まとめ

5.1 市町村における容器包装廃棄物の回収状況

①市町村におけるプラスチック製容器包装廃棄物の回収データの把握

収集関連基礎データ（収集量、車両稼働台数、作業人員、作業時間、走行距離、燃料使用量）についての情報を整理した。

年間通じて平成 24 年度、平成 25 年度とデータを収集した。月別一人あたり排出量は、ほとんど差異はなく、ほとんどの月で、両年度とも 0.20～0.25kg/人・月であった。

また、伊勢崎市での地域回収については 82.3kg-CO₂/t の環境負荷量であること、および実証試験に参画する以前の分別保管施設でのバール化までは、12.3 kg-CO₂/t であると算定され、この分が本実証試験では削減されたことになる。

② 回収したプラスチック製容器包装廃棄物の構成比

回収したプラスチックについて 2012 年 4 月から 2013 年 3 月まで構成比を調査し、構成比の把握及び季節変動の有無を確認した。

素材別構成比では、*PP*の構成比が平均 30%ともっとも高く、次いで *PE*: 27%、*PS*: 22%、*PET*: 16%の順であった。大きな季節変動は見られなかった。

形状別構成比では、フィルム類が最も多く 41%で、次にトレー類が多く 34%であり、この二つで 70%強を占めていた。

フィルムの材質比率は、*PE*が 56%で、*PP*が 37%、*PS*が 4%、*PVC*が 2%であった。このうち、複合素材は、46%であった。トレーの材質比率は、*PS*が 50%、*PET*が 37%、*PP*が 12%であった。また *PS* トレーのうち発泡トレーが 23%、非発泡トレーが 27%であった。

③回収プラスチックにおける異物含有量

回収された容器包装プラスチックに含まれる異物は、30cm 以上のもので、製品プラスチックが 0.06%、プラスチック以外の異物は、0.48%であった。30cm 以下のもので、製品プラスチックが 2.7%、プラスチック以外の異物は、3.1%であった。

5.2 機械的選別の可能性

光学選別機を利用した 8 種類の選別方法について検討した。選別精度などの評価は、まずは目視を中心に行う。また、元の製品は複合材（複層材）も多い。そこで、これらの選別物を *PE*、*PP*などの斜字体で表示することや、構成比（純度を表す）、回収率等の言葉を定義し、導入したことにより選別精度や材質の定量的評価が可能となった。

①標準的な材料リサイクル向けモデル（Mode4）

光学選別機の選別順序、*PE*手選別>*PE*>*PP*>*PS*>*PET*>*PVC*の順で選別した。ターゲット樹脂の回収率は 48%。回収された素材の構成比（≒純度）は、*PE*手選が 84.7%、*PE*が 80.5%、*PP*が 77.7%、*PS*が 86.3%、*PET*が 93.1%であり、*PET*、*PS*の構成比が高い結果となった。

②選別順序を変えた材料リサイクル向けモデル（Mode4-3 など）

選別順序の影響はあるが、系統的では無く *PE, PP, PS, PET* すべてが良好となるような選別パターンは存在しない（*PET*は常に構成比／回収率が高い）

しかし、平均的に構成比／回収率の向上が見込める Mode4-3（選別順序：*PS*>*PE*>*PP*>*PET*>*PVC*）をその後の基本条件とした。なお、Mode4-3 の回収率は、49.5%、構成比は、*PE*手選が 86.6%、*PE*が 87.6%、*PP*が 82.6%、*PS*が 87.4%、*PET*が 94.8%であった。

③光学選別機を活用したケミカル／サーマルリサイクル向けモデル（Mode6 など）

光学選別機を用いて、*PVC*をできるだけ多く除去する設定で実験を実施したところ、*PVC*の回収率（除去率）は、84.4%となった。

④選別機の設定等の影響

光学選別機の選別精度の設定や投入速度を変化した4パターンで試験したところ、選別精度の向上による純度の向上はあまり見られなかったが、投入速度を落としたケースでは、*PP*と*PS*の回収率は向上したが、*PE*、*PET*にはほとんど影響がなかった。

⑤光学選別機を2段にする効果

2段選別を実施した場合、2段目の選別精度を高、中、低の設定で変更してもいずれも構成比90%以上と良好な結果が得られた。また、回収率については、低、中、高と選別精度を上げることにより低下した。従って、2段目の選別精度を「低」として2段選別を行うと構成比、回収率ともに最良の結果が得られることがわかった。

⑥光学選別機々種の影響

本実証試験で通常使用している光学選別機とは異なる他社の光学選別機にて、従来の*PE>PP>PS>PET*の順で選別試験を実施したが、同等の性能が確認できた。さらに、この機種の特徴である選別方法（3種選別が基本）に適した選別フロー等による試験では回収率／構成比とも従来より高い結果が得られた（詳細は追加試験②参照）。

⑦光学選別への事前選別（形状選別）の効果

事前選別としての形状別選別（機器＝バリスティックセパレーター）の有用性が確認できた（追加試験③）

以上の結果から、回収率と構成比を向上させるためには、事前選別としてフィルム系とボトル系に選別後、ボトル系をさらに光学選別機にて選別する方法が有効であると考えられる。また、光学選別機の2段使用等を含め、採用する機器に適切な処理フローや調整が重要であると考ええる。

5.3 価値評価

①回収した容リプラ、および最終選別物の組成分析

プラスチック製容器包装廃棄物の品目別組成と光学選別による最終選別物の組成を分析（NMR）し比較した。最終選別物では *PE* の $PE\%=86\%$ 程度、*PP* の $PP\%=77\%$ 程度であった。そして、これらの結果は、被選別物中の品目別分析値を加重平均して得られた「理論値」とほぼ一致することがわかった。

以上のことから、本実証試験での光学選別による精度はほぼ良好と考えられるが、純度の限界は、容リ廃棄物中の元の製品組成（ブレンド品や複層材などが多い）によるものと考えられる。

②回収した容リプラ、および最終選別物の機械的物性特性

PE：流動性が非常に低い。また、曲げ弾性率や流動性のばらつきが大きい。これは $PE\%$ が 86% であることと共に、*PE* では LDPE、LLDPE や HDPE 等、多くの品種が混在していることも影響していると思われ、破断時（引張り）伸び率も 30% 程度の小さな値となっている。

PP：流動性は低く 4g/10min 以下である。ただし、これは $PP\%$ に比例しており *PE* のようなばらつきはない。曲げ弾性率はほぼ 1200Mpa 程度でありドイツで上梓されている容リ再生ペレットと同等である。しかし、破断時伸び率は *PE* と同様に非常に小さな値となっており、Izod 衝撃値でも残存する *PE* の含有率に比して低い値となっている。

③ 最終選別物（からの再生ペレット）の販売可能性

大手コンパウンド会社に、コンパウンド配合材としての利用価値についてヒアリングを実施したところ、*PE*（手選）、*PE*、*PP* の平均単価は、38 円/kg であった。臭気や純度が改善されれば、さらに 10～20 円/kg 向上する可能性があることも指摘された。Mode4-3 における試算では、最終選別物（ペール）は 10.9 円/kg の想定された。

ケミカルリサイクルについては、すでに脱塩素等が熱分解等によってシステム化されていることもあり、ニーズや期待感は小さかった。

④ コスト評価

本実証試験（Mode4-3 など）で得られた再生ペレットは価値評価の結果、平均 34 円/kg 程度で売却可能であることが解った。また、容リプラ廃棄物からこれらの有価物を得られる割合は約 50% であった。なお、模擬的な容リプラ廃棄物を用いてドイツで行った実験（バリスティックセパレーター→光学選別）では 60% 程度の収率向上の可能性が示された（バリスティックセパレーターで選別された B 軽（19% 程度回収）も一定の価値があると思われるが、ここでは除く）。

おわりに

- ① 本実証試験では、家庭から排出されたプラスチック製容器包装廃棄物をそのまま投入し、再資源化することが技術的には可能であることを確認した。
- ② 材料リサイクルを対象とした場合の最終選別物の純度は、PP=77%、PE=86%程度であったが、これは、容リ廃棄物中の元の製品中の材料組成によるものと思われる（表 4-3、表 4-4）。
- ③ 上記純度の最終選別物を得る場合、容器包装廃棄物から約 50%の再資源化ができる（図 3-2）ことになる。なお、選別フロー等を改善した場合、60%程度の再資源化率向上の可能性が示された（PE+PPミックスプラの利用は含まない場合）。
- ④ 最終選別物をペレット化した再生材料の価値は、自動車関連部品等への成形に適用される素材の一部配合材とすることを想定して 35 円～45 円/kg 程度と評価された。
- ⑤ プラスチック製容器包装廃棄物を樹脂再生会社の引取（売却）が可能と考えられるまでの選別に要する費用は約 20 円/kg（設備規模 50000t/年、稼働率 100%、収集コスト別途の場合）と算定された（図 4-13）。
- ⑥ 同じく、ケミカル/サーマルリサイクルを対象とした場合、約 84%の再資源化（RPF 化）が可能であり、その際の選別費用は約 13 円/kg（設備規模 50000 t /年、稼働率 100%、収集コスト別途の場合）と算定された（図 4-13）。

注 1：本実証試験では伊勢崎市で回収されたプラスチック製容器包装廃棄物のみを対象として実施した。同市の回収物は異物混入が少なく良質であったことが特長であり、留意が必要。

ただし、通常、容リプラ以外の異物は、光学選別機等に投入される前に除去されることが一般的であるため、この事前選別より以降の技術的な結果については十分、活用可能と考える。

注 2：本報告書のコスト評価は、種々の事業化や FS のための情報提供として基礎的なデータを例示したものである。そのため稼働率を 100%、施設の減価償却期間を 8 年等の条件とし明示した。FS にあたっては実際に設定される条件等の考慮が必要。

以上