

3. 自動車部品向け材料リサイクル評価

3.1 自動車部品向け材料リサイクル評価

本業務において、コンパウンドする際の原料としての使用済自動車由来の PP については、PP だけを光学選別機で選別した結果、PP の収率が極めて低かったため、表 2-2 のプロセスにて油化原料向けに作成した PP が大半で、PE を含むプラスチック（以下 ASRPP リッチと呼ぶ）を原料とすることが、収率の点から有望であると判断した。

しかしながら、ASRPP リッチは、黒で選別できなかった ABS などが混入していることが想定されるため、比重分離により除去仕切れなかった ABS や PVC を除去して原料とすることが望ましいと判断し、比重分離を行った。その結果、約 14% がタルク入り PP など一部比重が重い樹脂や ABS、PVC も除去された樹脂（以下比重分離後 ASRPP リッチと呼ぶ）を回収できた。

物性試験結果（表 3-1 参照）から、比重分離後の ASRPP リッチの樹脂は、比重分離前と比べて、アイゾット強度が大きく向上し、引張強度が向上し、曲げ弾性率が低下したことを考えると ABS など PP と相溶化しない樹脂が除去されたことが想定できるため、コンパウンド原料としては、比重分離後 ASRPP リッチが有望であると判断した。

一方、比重分離後 ASRPP リッチの RoHS 対応の重金属と臭素系難燃剤の分析結果を把握するため、蛍光 X 線分析(表 1-8 参照)を行い、含有の有無を把握し、蛍光 X 線分析にて検出された場合には、定量分析を行うことを検討したが、重金属の成分であるカドミウム、鉛、水銀、臭素、クロムについて、いずれも蛍光 X 線分析では検出されなかったため、RoHS 対応重金属も臭素系難燃剤も含有していないことがわかった。



図 3-1 選別後の ASR プラ

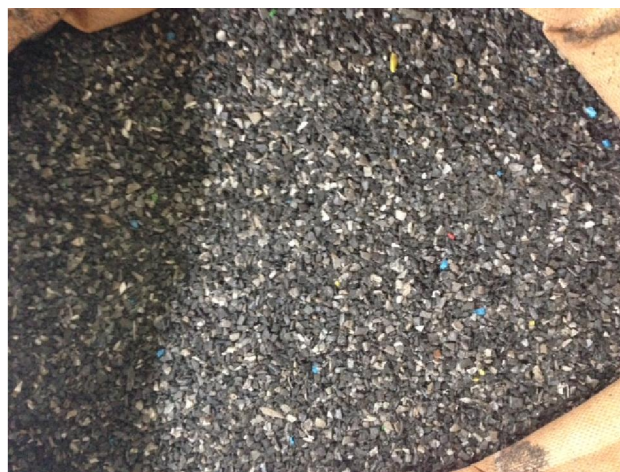


図 3-2 粉碎後の ASR プラ

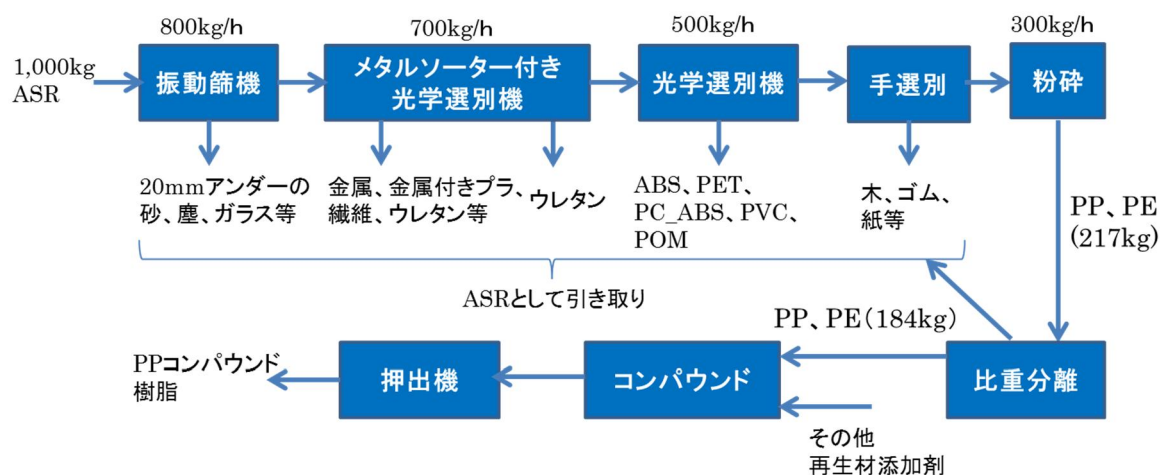


図 3-3 ASR 由来 PP リッチのコンパウンドフロー

表 3-1 使用済自動車由来の PP の物性評価

試験片	ASR(PP)	ASR(PP リッチ)	比重分離後 ASR(PP リッチ)
M I (g/10min)	11.2	10.5	10.9
比重	0.97	0.97	0.96
引張弾性率 (MPa)	1,154	1,087	1,143
引張降伏強度 (MPa)	15.4	14.5	16.7
引張破壊伸度 (%)	10.3	6.9	16.1
曲げ弾性率 (MPa)	1,231	1,266	1,049
曲げ強度 (MPa)	26.4	26.4	24.9
アイゾット (KJ/m ²)	6.1	6.2	22.1

(注：PP リッチペレットは、PP 約 8～9 割、PE 約 1～2 割、その他樹脂数%で構成されている)

(注 2：ASR(PP)は、材料リサイクル向けに選別した PP のみの材料であるが、収率が低すぎて事業対象とはならないと判断している。ASR(PP リッチ)は、油化向けに選別した材料であるが、収率が取れるので材料リサイクル用の原料として有望と判断した材料、比重分離後 ASR(PP リッチ)は、ASR(PP リッチ)の材料を比重分離を行い、ABS やタルク入り PP、異物等を除去した材料であり、材料リサイクル原料として利用できるものとなった。)

表 3-2 重金属等分析結果

項目	検出値	定量下限(mg/kg)
カドミウム(Cd)	不検出	50
鉛(Pb)	不検出	50
水銀(Hg)	不検出	50
臭素(Br)	不検出	50
クロム(Cr)	不検出	50

3.2 使用済自動車 PP のコンパウンド物性評価

実証実験で回収された PP をベースとした材料について、日産自動車により、適用可能な部位として選定してもらった。

ASR 由来であることから、目視でわかる程度のごみブツが表面に見えることが考えられるため、お客様に目に触れない（触れにくい）床下、エンジンルーム部品への適用が有望であるとされ、物性上、剛性、耐衝撃値とも比較的低いことから、床下、エンジンルーム部品のうち、耐衝撃が問われない部品に使われる材料スペックとされた。Under Cover や、エンジンルーム内のカバー部品に使われる材料をターゲットにすることにした。

その後、比重分離により異物を除去したため、耐衝撃値はあがったが、対象部品としては、変わらないとの日産自動車からの判断であったため、これらの材料をベースにコンパウンドを行った。

コンパウンドの結果として、メーカーの要求物性と比較して、曲げ弾性率向上、MI 値向上に成功し、コンパウンド後の樹脂の物性は、製品用途から引張強度よりも他の物性が優先されるため、利用可能な物性であると日産自動車から判断された。



図 3-4 ASR(PP リッチ)



図 3-5 比重分離後 ASR(PP リッチ)

表 3-2 ASR プラの物性と要求物性の比較表

試験片	ASR (PP)	ASR (PP リッチ)	比重分離後 ASR(PP リッチ)	自動車部品ターゲット物性との比較	コンパウンドの方向性
MI (g/10min)	11.2	10.5	10.9	×	メルトを向上
比重	0.97	0.97	0.96	要求なし	
引張弾性率 (MPa)	1,154	1,087	1,143	要求なし	
引張降伏強 (MPa)	15.4	14.5	16.7	×	引張強度向上
引張破壊伸度 (%)	10.3	6.9	16.1	要求なし	
曲げ弾性率 (MPa)	1,231	1,266	1,049	○	曲げ弾性率向上
アイゾット (KJ/m ²)	6.1	6.2	22.1	◎	

(注：日産自動車の総評：比重分離後 ASR(PP リッチ樹脂)MI が、成形コストが向上し、曲げ弾性率は、もう少し上げる必要がある。)

表 3-3 ASR プラの物性と要求物性の比較表

試験片	比重分離後 ASR(PP リッチ)	コンパウンド 後材料	自動車部品タ ーゲット物性 との比較	備考
M I (g/10min)	10.9	31.3	◎	
比重	0.96	0.97	要求なし	
引張弾性率 (MPa)	1,143	1,190	要求なし	
引張降伏強 (MPa)	16.7	14.67	×	本項目は現行のバージン材と比較すると低いが用途としては優先しないことを確認した。
引張破壊伸度 (%)	16.1	3.1	要求なし	
曲げ弾性率 (MPa)	1,049	1,271	◎	
アイゾット (KJ/m ²)	22.1	22.7	◎	

(注：日産自動車の総評：引張降伏度以外の物性は、要求物性を満たしているので、このままで材料としてのポテンシャルは高い。今後、成形テストをする中で、引張強度の不足が部品の性能への影響がなければ採用可能である。)

4. 選別プラスチックの油化実証試験の実施・評価

4.1 油化実証試験装置の概要

従来の油化技術については、事業採算性が低く、今後の事業化が困難であると判断したため、北九州市立大学開発の新しい技術（特許取得済）である触媒による接触分解式（HiCOP 方式）の油化技術が低コストで高品質な油化できる技術として実証実験の対象とする油化技術とした。この油化技術を基に開発した油化装置 HiCOP-2000 に、ASR 由来のプラを投入し油化した。



図 4-1 多段蒸留塔のある油化技術の概要

4.2 使用済自動車プラスチックの油化実証試験

(1) 油化実証試験のサンプル作成

ASR 高度選別施設にて選別した PP と PE の混合プラスチックの油化実験を行った。油化実験では、ウレタンがどこまで混入させられるかについて検証するために、ウレタンを含有させたサンプルを作成した。

油化実証試験では、サンプル ASR の廃プラスチック含有率が 33.1%であり、ウレタンの含有率が 7.2%であることから(表 1-3 参照)、廃プラスチックとウレタンのみ回収した場合のウレタン含有率は、平均で約 18%ということになる。従って、油化実証試験のためのサンプルは、ウレタンの含有量を 20%として、表 4-1 の通りとした。従って、4 検体におけるウレタンの含有率は、20%、10%、5%、0%とし、ASR 選別プラは、438kg を使用し、ウレタンを 42kg 使用した。3P の組成については、PS は含有されておらず、PP が 8 割以上、残りは PE のサンプルであった。なお、サンプル作成に使用したウレタンは、ASR から光学選別機により回収したウレタンをカットしたものをサンプルとした。

表 4-1 油化実験のための必要サンプル量

油化サンプル	3P の量	ウレタン	ウレタン比率
A	120kg	0kg	0%
B	114kg	6kg	5%
C	108kg	12kg	10%
D	96kg	24kg	20%
計	438kg	42kg	

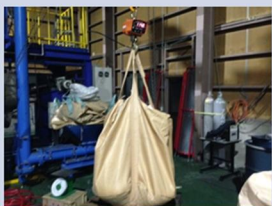
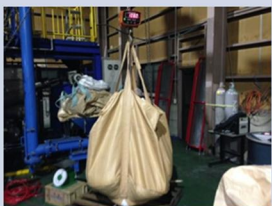
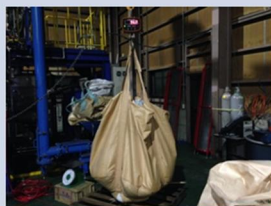
検体A	検体B	検体C	検体D
ウレタン含有量 0%	ウレタン含有量 5%	ウレタン含有量 10%	ウレタン含有量20%
プラ 120kg	プラ 114kg	プラ 108kg	プラ 96kg
			
PUR 0kg	PUR 6kg	PUR 12kg	PUR 24kg
			

図 4-2 油化サンプルの投入の様子

(2)油化実証試験の概要

ASR 高度選別施設にて選別された PP、PE を中心とした ASR プラを 10mm アンダーに破碎したものをサンプルとして油化実証試験を実施した。

本実証機は、廃 FCC 触媒(図 4-8 参照)を利用し、接触分解方式による油化を行い、蒸留塔を持ち、重質油から軽油まで生産することができる。本実証試験では、表 4-1 のサンプルごとに、油を混合し、生成油として分析するとともに、凝縮温度の低い軽質油についても付加価値の高い生成油としての可能性を見る上でも分析を行うことを目的として実証試験を行った。



図 4-3 接触分解方式による油化プラント



図 4-4 投入した ASR プラ



図 4-5 ASR プラサンプル



図 4-6 ウレタンサンプル



図 4-7 油化プラント画面

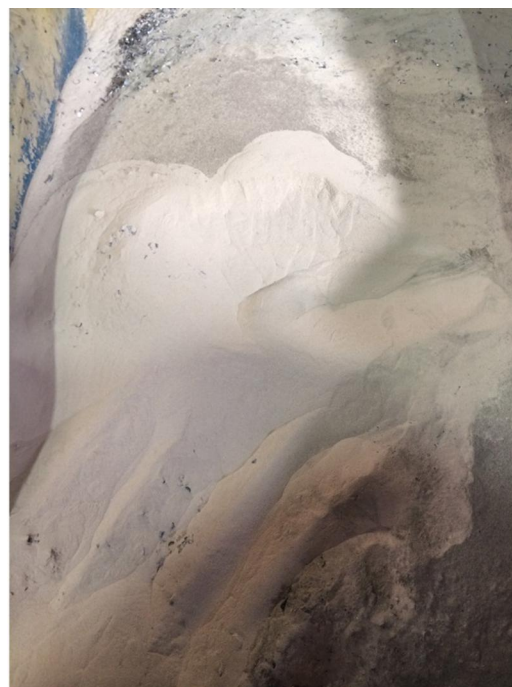


図 4-8 廃 FCC 触媒



図 4-9 接触分解方式による油化プラントの還流塔



図 4-10 蒸留された油

(3)油化実証試験の結果

油化実証試験は下記の表 4-2 の通り実施した。検体 A から順番に油化をしたが、ウレタンを投入すると明らかに生成油の性状は悪化した。

特に検体 C（ウレタン含有 10%）では、図 4-12 の右上の写真のように目視においてもワックス分の他に固形分も確認できた。本来、ワックス分などの固形分は還流塔を設置しているため反応炉内へ還流し、生成油の中には混入することはほとんどない。

しかしながら、ワックス分や固形分が生成油の中に混入した点と、生成した油を貯めていたドラム缶底部に非常に粘度の高いタール分のようなワックスも析出したことから配管及び多段蒸留塔の気液プレート内での閉塞を懸念し、検体 C の倍の量のウレタンが含有している検体 D の油化を見送った。

一度、閉塞が発生してしまうと、装置を止め、冷却後、安全性を確認した上で解体、清掃する必要がある、特に今まで経験したことのないタール分のようなワックスの析出に、場合によっては大きなメンテナンスコストが発生する恐れがあることも考慮して今回の判断となった。

また、生成油の販売単価を向上させるため、油化プラントの蒸留塔で蒸留した検体 A で蒸留した検体 A1、A2 についても分離して油化を実施し、5 検体分析することとした。

検体 A、B、C の油化率は、使用済 FCC 触媒の活性性が高いままサンプルを油化したため、油化収率が通常より悪くなってしまった。

表 4-2 油化実証試験の結果

	検体A	検体B	検体C	検体D
ウレタン含有率	0%	5%	10%	20%
プラ	120kg	114kg	108kg	96kg
PUR	0kg	6kg	12kg	24kg
反応温度	400℃～420℃	400℃～420℃	400℃～420℃	400℃～420℃
投入量	約30kg/h	約30kg/h	約30kg/h	約30kg/h
投入時間	約4時間	約4時間	約4時間	約4時間
追い出し時間	2時間	2時間	2時間	2時間
還流温度	約200℃～250℃	約200℃～250℃	約200℃～250℃	約200℃～250℃
蒸溜温度	約10℃～220℃	約10℃～220℃	約10℃～220℃	約10℃～220℃
生成量	77.3L	68.2L	59.2L	—
重量※比重0.8で試算	61.84kg	54.56kg	47.36kg	—
収率(重量比)	51.5%	46.7%	39.5%	—

* 通常、重量比収率は、平均 80%(野田修護商店実績)だが、今回は触媒の活性性が高いままサンプルを油化してしまった為、収率が大幅に収率してしまった。

検体A	検体B	検体C	検体D
ウレタン含有量 0%	ウレタン含有量 5%	ウレタン含有量 10%	ウレタン含有量20%
プラ 120kg	プラ 114kg	プラ 108kg	プラ 96kg
PUR 0kg	PUR 6kg	PUR 12kg	PUR 24kg
			—
蒸溜温度が一番高い220℃であっても流動性もよく、ワックス分もない綺麗な油が生成できた	蒸溜温度が一番高い220℃では、検体Aと比較すると流動性が悪かったが、200℃以下での蒸溜は検体Aと同じような綺麗な油が生成できた	蒸溜温度が一番高い220℃では、検体Bよりも更に流動性が悪くなったが、150℃以下での蒸溜は検体Aと同じような綺麗な油が生成できた	蒸溜温度の高い検体Cの生成油の流動性の悪さから配管の閉塞を懸念し、検体Dの油化は見送った

図 4-11 油化実証試験の回収油の状況



図 4-12 油化実証試験の回収油の状況

4.3 生成油の評価

(1)生成油の成分分析結果

野田修護商店が所有する実証プラントにおいて油化実験を行った。生成油の評価としての検体は、検体 A、B、C の他に、油化した生成油がより付加価値の高い石化原料となる可能性を調査する為に、ウレタン含有 0% の検体 A の生成油で凝縮温度が違うものを検体 A-1（凝縮温度 70℃～150℃）、検体 A-2（凝縮温度 70℃以下）とし、合計 5 つの検体を JX 日鉱日石エネルギー株式会社において受け入れのための成分分析を行い、その結果を表 4-3 に示す。

いずれのサンプルとも臭素価、ジエン価が高く、検体 A、B、C は、水分、窒素分及び塩基性窒素分が高い値を示した。原料中のウレタン比率の上昇分が窒素分、塩基性窒素分、水分値に影響していると考えられた。臭素価、ジエン価は、石油化学プラントの装置内での汚れ・閉塞の原因、水分は、装置腐食、塩基性窒素分は、触媒被毒や難脱窒素性の可能性があり、低い方が望ましい。

JX 日鉱日石エネルギー株式会社の再生油の受け入れ条件としては、密度、酸価、硫黄分、塩素分は、クリアしているが、水分が 300wtppm 以下、臭素価が 50gBr₂/100g 以下、ジエン価が 5g/100g 以下、窒素分が 0.2wt%以下、塩基性窒素分 0.05wt%以下が望ましい。

よって、少し課題があるものの検体 A と途中で蒸留した検体 A の蒸留物検体 A1 と検体 A2 については、受け入れが可能であるものと判断された。

しかしながら、検体 A、A1、A2 は、密度 0.8017g/cm³ 以下であることから揮発油に該当し、検体 B、C は、密度が 0.8017 以上あり、かつ、蒸留性状が 267℃以上であることから軽油に該当する可能性が高い。自家燃料以外に用いる場合には、揮発油については国税、軽油の場合には各都道府県に相談する必要がある。

特に課題であった塩基性窒素分は UOP 269-90 法を用いて滴定により測定したもので、詳細なデータではないが、分解油の塩基性窒素分を上昇させている原因物質は PUR、PA、ABS などの含窒素プラスチックの分解過程によって生成するアニリン類ではないかと考えられる。塩基性窒素分を上げる代表的な物質としては、アニリン類の他にピリジン類があり、基本的には原油中の塩基性窒素はピリジン類が多い。ピリジン類は比較的除去しやすいのですが、アニリン類は一度ベンゼン環が開環してから脱窒素されるため、脱窒素反応が起こりにくく、難脱窒素化合物である。今回の分析の結果、検体 A～C には塩基性窒素が多く、検体 A の 90～150℃留分、20～90℃留分である検体 A1、A2 は少ないといった結果であった。ピリジンの沸点は 115℃、アニリンの沸点は 184℃ですので、蒸留 CUT により塩基性窒素分が低減できたことから塩基性窒素分の多くはアニリン類だったのでと想定される。

従って、今回対象とした油化原料は、高度選別施設により、選別仕切れなかった ABS や PA などが若干含まれていたことが想定されるため、高度選別施設に加え、比重分離などにより PP、PE 以外の樹脂が混入しないような対応策を取る必要があると考えられる。

表 4-3 生成油の成分分析結果

項目	試験方法	単位	検体 A	検体 B	検体 C	検体 A1	検体 A2
密度 (15℃)	JIS K 2249	g/cm ³	0.7865	0.8022	0.8119	0.7910	0.7334
水分	JIS K 2275	wtppm	320 ¹⁾	536 ²⁾	890 ²⁾	118 ¹⁾	138 ¹⁾
臭素価	JIS K 2605	gBr ₂ /100g	73.2	68.7	68.1	68	100.4
ジエン価	UOP 326-65	g/100g	10.4 ³⁾ 参考値	12.9 ³⁾ 参考値	13.6 ³⁾ 参考値	10	16
酸価	JIS K 2501	mg-KOH/g	0.02	0.07	0.15	0.01	<0.01
硫黄分	JIS K 2541	wtppm	74	95	120	23	41
窒素分	JIS K 2609	wt%	0.4	0.5	0.72	0.042	0.033
塩基性 窒素分	UOP 269-90	wt%	0.067	0.15	0.31	0.012	0.0089
塩素分	IPAK99	wtppm	40	60	80	10 未満	10 未満

(注：検体 A：プラのみ（PP：約 90%、PE：約 10%、微粒の他樹脂）、検体 B：プラ+ウレタン 5%、検体 C：プラ+ウレタン 10%、検体 A1：検体 A の凝縮温度約 70℃～150℃の生成油、検体 A2：検体 A の凝縮温度約 70℃以下の生成油)

(注 2：臭素価とは JIS K 2254 で規定されている石油製品の性状分析方法により測定した石油製品中の不飽和成分量を示す値であり、臭素がサンプルに含まれていることを意味しているのではなく、JIS K2605 の試験方法に規定されている溶剤に溶かした 0.4~20g の試料を 0~5℃に冷却し、臭化カリウム-臭素酸カリウム標準液で滴定される値を計算したものである。)

(注 3：ジエン価とは、UOP 法 326-65 に準拠した石油製品の性状分析方法により測定した共役ジエン構造を示す値であり、臭素価と共に石油製品の酸化安定性などの目安となる不飽和成分量を表している。)

(注 4：臭素価、ジエン価ともに、石油精製における水素化処理のプロセスで、水素を充てんし石油製品上全く問題ないものに変化する為、JX 日鉱日石エネルギー株式会社での受入基準としては最重要項目ではない。逆に受入基準として最も重要視している項目の一つは、通常の石油精製プロセスの中で除去しにくい難脱窒素である塩基性窒素である。)

(2)油化による生成油のプラスチック原料化率の推定

日産自動車株式会社は、グリーンプログラム 2016 の目標を達成するために、材料リサイクルでは困難な部位への転換のため、油化した再生油を活用し、石油化学プロセスを活用し、バージン相当の PP を生産する検討を行った。

石油化学プロセスにおける石油製品の CUT 温度は、石化用ナフサ：～90℃留分、ガソリン：90～150℃留分、灯油：150～250℃留分、軽油：250～330℃留分となっている。JX 日鉱日石エネルギーの見解によれば、蒸留性状から見る各製品の石化用ナフサの収率は、下記のとおりである。

従って、ASR1 t からのプラ回収率を比重分離後の PP リッチと仮定すると 18.4%、油化率が改善して 80%、石化用ナフサ収率 27.6%となるので、ASR1t から回収されるプラスチック原料は、41kg ということになる。

表 4-4 各製品から回収されるプラスチック原料

項目	A	A1	A2
石化用ナフサ	15wt%	10wt%	40wt%
ガソリン	45wt%	40wt%	45wt%
灯油	35wt%	50wt%	15wt%
軽油	5wt%	0wt%	0wt%

*JX 日鉱日石エネルギーの見解では、ガソリン留分の 28%が石化原料となるということからトータルのプラスチック原料は、27.6wt%(15wt%+45wt%×28%)となる。

(3)接触分解方式による油化時に発生するダイオキシン類への対応

生成油を燃焼させることによって発生するダイオキシン類の問題については、その影響を考慮し、平成 15 年度に経済産業省が 廃プラスチック熱分解油について、標準仕様書(TS)を作成し、『TS Z0025 廃プラスチック熱分解油ーボイラ用及びディーゼル発電機用燃料』として平成 16 年 4 月 20 日公表している。その中では、全塩素分 100ppm 以下であれば、その影響はないとして規定しているが、今回の生成油に関しては、5 つの検体全てがその基準をクリアーし、その安全性も担保されている。

基準仕様書 (TS) とは、日本工業標準調査会の審議において、技術的に開発途上にあるなど、将来 J I S 制定の可能性があると判断され、公表される標準文書のことである。また JX 日鉱日石エネルギー株式会社によると、仮にダイオキシンが含有していたとしても石油化学プロセスの脱硫工程において除去し、無害化できるため、プラスチック製品への含有はないということであった。

表 4-5 標準仕様書 TS Z0025 廃プラスチック熱分解油の品質

項目	基準値
全塩素分 質量分率(ppm)	100 以下
硫黄分 質量分率(%)	0.2 以下
窒素分 質量分率(%)	0.2 以下

5. ASR 高度選別事業の事業採算性評価と環境負荷低減効果の算定

5.1 ASR 高度選別事業の事業採算性評価

5.1.1 ASR 高度選別事業のプロセスフロー

既存施設にて ASR の高度選別の実証試験を行った結果、次のような課題点があった。

- ・砂や塵など微細物が多くセンサーが反応しにくい
- ・繊維やウレタンが金属などと絡み合って、物理的な分別ができない
- ・黒の樹脂が近赤外線に反応しない

このような結果を踏まえ、事前選別として、振動篩により砂や塵などを落とし、メタルソーターにより、先に金属インサートしたプラスチックや繊維、ウレタンなどを除去し、残ったものの中からウレタンと PC、ABS、PVC、PS、PET など除去する。その後、木など異物を手選別し、残ったものは、PE を含む PP リッチ樹脂である。これら樹脂から PE を更に選別するためには、ラマン分光など高価な装置が必要となるが、樹脂の価値はそこまで向上しないため、投資対効果が望めないと判断し、下記プロセスフローとした。

多くのコンパウンドメーカーは、10mm アンダーに粉砕したものを通常受け入れるため、粉砕機も導入するものとする。

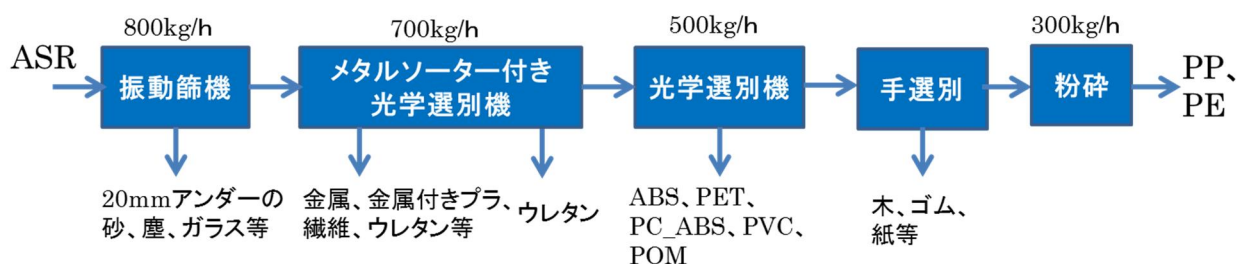


図 5-1 ASR 高度選別事業のプロセスフロー

5.1.2 ASR 高度選別事業の事業採算性の検討

ASR 高度選別事業を実施する主体としては、ASR の破碎事業者が実施することが ASR を移動しなくて済むため、望ましい。

なお、ASR 高度選別事業では、ASR の選別コストは、現状では負担されないため、回収された資源価値により採算性を取らなければならない。自動車リサイクルの管理を行っている ART に確認したところ自動車リサイクル法を制定する際の審議会にて、ASR から資源を回収した際に付与される減量インセンティブ制度があるのを確認できた。しかしながら、過去に申請された事例がないため、既存の情報システム上での管理が困難な状況である。適用するためには、あらかじめ資源回収率を想定し、年度末に実績との差を精算する方が現実的な運用であると考えられる。減量インセンティブの付与される単価としては、日産自動車から想定単価として 29 円/kg を提示された。

本事業では、我が国最大手の ASR の破碎事業者であるスズクホールディングス株式会社においての ASR 高度選別事業の事業採算性について検討した。同社は、近隣の住民との協定の関係から 12h 稼働となっているため、表 5-1 の前提条件を考慮して、試算した結果は、表 5-2 に示すとおりである。また一般的には 24h 稼働するため、その場合の採算性は、表 5-3 に示す。

さらに、プラスチックを回収するため、ASR の減量インセンティブの制度が適用されると仮定するとそれぞれ、表 5-4、表 5-5 のように採算性が大幅に改善するため、ASR からの資源回収が一気に進むことが期待される。

表 5-1 ASR 高度選別事業の設備前提条件

項目	概要	根拠
年間処理能力	2,976t/年	800kg/h×12h(近隣との協定のため)×310 日
PP、PE 生産量	595t/年	収率 20%程度、PP90%、PE10%の混合物
販売売上	2,9750 千円/年	粉碎品（PP90%、PE10%）50 円/kg（材料リサイクル）
減量インセンティブ	29 円/kg	現状の平均 ASR 処理費 31.7 円/kg であるため、管理手数料などを引いた金額は最大でも 29 円/kg になると仮定した。
設備概要	ASR 高度選別施設	振動篩機 1t/h、メタルソーター付き光学選別機 2400mm 幅 700kg/h、光学選別機 1800mm 幅 500kg/h、手選別コンベア 1200mm、粉碎機 300kg/h
人員	6 人	2 シフト：手選別人員 2 人/シフト、投入及び搬出 1 人/シフト
電気	4,762 千円/年	200kw×負荷率 0.4×16 円/kw×12h×310 日
維持費	1,800 千円/年	設備投資額の 2%
設備投資額	約 90,000 千円	設備償却 8 年