

平成 25 年度環境省請負業務

平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化等支援事業

光学選別機を利用した ASR 由来のプラの  
材料リサイクル及び油化事業

調査報告書

平成 26 年 3 月

株式会社レノバ





## 目 次

1. ASR の物理組成データの把握.....	2
1.1 ASR の利用手続き.....	2
1.2 ASR のサンプリング.....	3
1.3 サンプルの物理組成の分析.....	5
1.4 廃プラスチックの組成分析.....	9
2. 光学選別機及びメタルソーサーを利用した ASR 高度選別実証試験の実施	17
2.1 ASR 高度選別実証試験設備の概要.....	17
2.2 高度選別施設を活用した ASR の効率的な選別方法の検討.....	20
2.3 ASR 高度選別実証試験による材料リサイクル向け原料の選別試験.....	23
2.4 ASR 高度選別実証試験による油化向け原料の選別試験.....	25
3. 自動車部品向け材料リサイクル評価.....	27
3.1 自動車部品向け材料リサイクル評価.....	27
3.2 使用済自動車 PP のコンパウンド物性評価.....	29
4. 選別プラスチックの油化実証試験の実施・評価.....	31
4.1 油化実証試験装置の概要.....	31
4.2 使用済自動車プラスチックの油化実証試験.....	32
4.3 生成油の評価.....	37
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.....	40
5.1 ASR 高度選別事業の事業採算性評価.....	40
5.2 ASR 高度選別事業の環境負荷低減効果.....	47
5.3 ASR 高度選別事業の事業化スケジュール.....	51



## 本事業の背景と目的

本事業は、自動車製造事業者である日産自動車株式会社と解体事業者及び破砕事業者であるスズクホールディングス株式会社、プラスチックの材料リサイクル事業を行い、申請事業者である株式会社レノバとその出資企業である秋田エコプラッシュ株式会社、プラスチックの油化事業を行っている株式会社野田修護商店とその再生油の受け入れ先企業である JX 日鉱日石エネルギー株式会社の連携により事業を実施した。

自動車製造事業者である日産自動車株式会社は、中期環境行動計画グリーンプログラム 2016 を発表し、車 1 台あたりのリサイクル材使用率を 2016 年までに 25%にする目標を立て、クローズドループリサイクルの取り組みを推進している。

解体事業者及び破砕事業者であるスズクホールディングス株式会社は、これまで鉄や非鉄金属を回収することを事業として行ってきたが、これまで回収を行ってこなかった廃プラスチックの回収・リサイクル事業の事業化を検討している。

プラスチックの材料リサイクルを行っている株式会社レノバは、出資会社である秋田エコプラッシュ株式会社が所有する高度選別施設により実証実験を行い、スズクホールディング株式会社が実施する高度選別施設から回収した廃プラスチックと容器包装プラスチックとをコンパウンドし、日産自動車株式会社へ再生原料を供給することを検討した。

プラスチックの油化事業を行っている株式会社野田修護商店は、本事業の結果を踏まえ、油化事業を事業化し、再生油を JX 日鉱日石エネルギー株式会社に販売し、再生油は、石油精製プロセスにより、一部が PP 等の樹脂原料になり、これらを JX 日鉱日石エネルギー株式会社に日産自動車株式会社に、廃プラ由来のバージン樹脂として再使用することを検討した。プラスチックの油化事業を行っている株式会社野田修護商店は、本事業の結果を踏まえ、油化事業を事業化し、再生油を JX 日鉱日石エネルギー株式会社に販売し、再生油は、石油精製プロセスにより、バージン PP 樹脂になり、これらを JX 日鉱日石エネルギー株式会社に日産自動車株式会社に、廃プラ由来のバージン樹脂として販売することを検討している。

一方、我が国では、使用済自動車は、事前選別して破砕事業者により鉄類を回収し、残渣として発生した ASR(Automobile Shredder Residue)と認定された全部利用事業者により部品や素材を再利用する二つのリサイクルルートにより再資源化されている。ASR の処理方法としては、サーマルリサイクルが中心となっており、資源回収している処理方法も金属を回収し、プラスチックについては、燃料となっているのが実態であり、廃プラスチックが材料リサイクルされているのは、全部利用事業者だけであり、平成 24 年度実績で、全体の使用済自動車の台数の 4.4%であった。欧州では、既に ASR から廃プラスチックを回収し、自動車メーカーに再生素材を販売する事業者もいることから本事業の参考になる。

本事業では、使用済自動車に含まれる廃プラスチックの再資源化するために、高度選別技術を検証するとともに、材料リサイクルと油化の事業性について検証することを目的としている。

# 1. ASR の性状把握

## 1.1 ASR の利用手続き

ASR(Automobile Shredder Residue)は、使用済自動車の破砕後鉄を除去した残渣であり、自動車リサイクル法により管理されている。本実証実験にあたっては、経済産業省、環境省から 2007 年 12 月 13 日に提示された指針「ASR サンプル利用に対する考え方」を受け、ASR 共通課題検討 WG で策定した「ASR サンプル利用の運用方法（案）（2008 年 5 月 9 日改定）」に基づき、ASR をサンプリング行った。

サンプルの移動に際しては、ART の管理の下、ASR 管理票に基づき、ASR の移動の申請を約 8t 依頼し、実際には、7,740kg の ASR の移動を行った。

表 1-1 ASR の利用手続き

	企業名	住所
管理者	ART(Automobile shredder residue Recycling promotion Team)	東京都中央区八重洲 1 丁目 3-7 八重洲ファーストフィナンシャルビル 19 階
ASR 提供者	日鉄住金リサイクル株式会社	茨城県鹿嶋市大字光 3 番地
ASR 運搬事業者	結城運輸株式会社	茨城県 結城市大字上山川 5598 番地の 1
ASR 利用者	秋田エコプラッシュ株式会社	秋田県能代市扇田字扇淵 11 番地 1
未利用 ASR 運搬事業者	結城運輸株式会社	茨城県 結城市大字上山川 5598 番地の 1

## 1.2 ASR のサンプリング

ASR のサンプリングは、「平成 22 年度環境省請負業務結果報告書「自動車破碎残さにおける性状把握調査業務」平成 23 年 3 月、株式会社環境管理センター」の報告書を参照し、下記のようにサンプリングを行った。

### (1)ASR の搬入

ASR の搬入は、15t ダンプによるばら積みにより行い、7,740kg の ASR を秋田エコプラッシュの工場内に 10m×10m のブルーシートに広げた。試料の全量を 10m×10m のブルーシートの上に広げ、手作業により攪拌・混合し、試料の厚みが 30～50cm となるようにブルーシート上に広げた。



図 1-1 搬入された ASR



図 1-2 平坦にならした ASR



図 1-3 ASR の保管状況

(注：実証試験準備期間の ASR の保管状況、飛散防止のため、口は閉じた状態で保管)

## (2)ASR のサンプリング採取

対象となるASRの重量及び破砕物の大きさ（粒度）より、産業廃棄物のサンプリング方法（JIS K 0060）に基づき、採取するインクリメントの大きさ（体積）及び採取個数を確認し、各ASRについて 20～30kg の試料を5回採取した。採取においては、試料の代表性を得るために、シート状に広げたASR試料の上部及び下部からそれぞれ採取した。



図 1-4 中央部上部のサンプリングの様子



図 1-5 5種のサンプルの混練後のサンプル

表 1-2 5種のサンプリングの採取場所と採取量

項目	サンプリング採取場所	採取量
サンプル 1	広げた ASR の角の部分から採取	27.38
サンプル 2	広げた ASR の別の角の部分から採取	30.28
サンプル 3	広げた ASR の中央部の上の部分から採取	26.02
サンプル 4	広げた ASR の中央部の下の部分から採取	28.62
サンプル 5	広げた ASR の横の部分の下の部分から採取	25.66
合計		137.96

### 1.3 サンプルの物理組成の分析

採取されたサンプル 5 種を混合し、そこから 60.52kg を無作為にサンプリングし、それを代表サンプルとした。代表サンプルの 5mm の篩を通過したものについて、物理組成（プラスチック（主として硬質のもの）、プラスチック（主としてシート状のもの）、ゴム、ウレタン、発泡スチロール、繊維類、紙類、木類、金属類（鉄、非鉄金属）、ガラス類、土砂類、電線類、基板等、分類不能物）の比率を算出した。



図 1-6 サンプリングした 60.52kg の ASR



図 1-7 5mm アンダーの残渣



図 1-8 廃プラスチック(シート状のもの)



図 1-9 廃プラスチック(硬質系のもの)



図 1-10 発泡スチロール



図 1-11 ガラス類



図 1-12 木類



図 1-13 紙類



図 1-14 基板類



図 1-15 分類不能物



図 1-16 ゴム類



図 1-17 鉄類



図 1-18 非鉄類



図 1-19 電線類



図 1-20 ウレタン類



図 1-21 繊維類

物理組成については、素材について判断できる3名にて、秋田エコプラッシュの会議室内で実施し、手でできる限り、微細なかけらも選別した。(上記写真参照)

分析した結果、表 1-3 に示すとおりとなった。国の調査結果と比較して、繊維類が多くなっているのは、繊維に絡まった微細なプラやウレタンと思われるが、他の項目については、概ね国の調査結果に近い値となっている。

表 1-3 ASR サンプルの物理組成データ

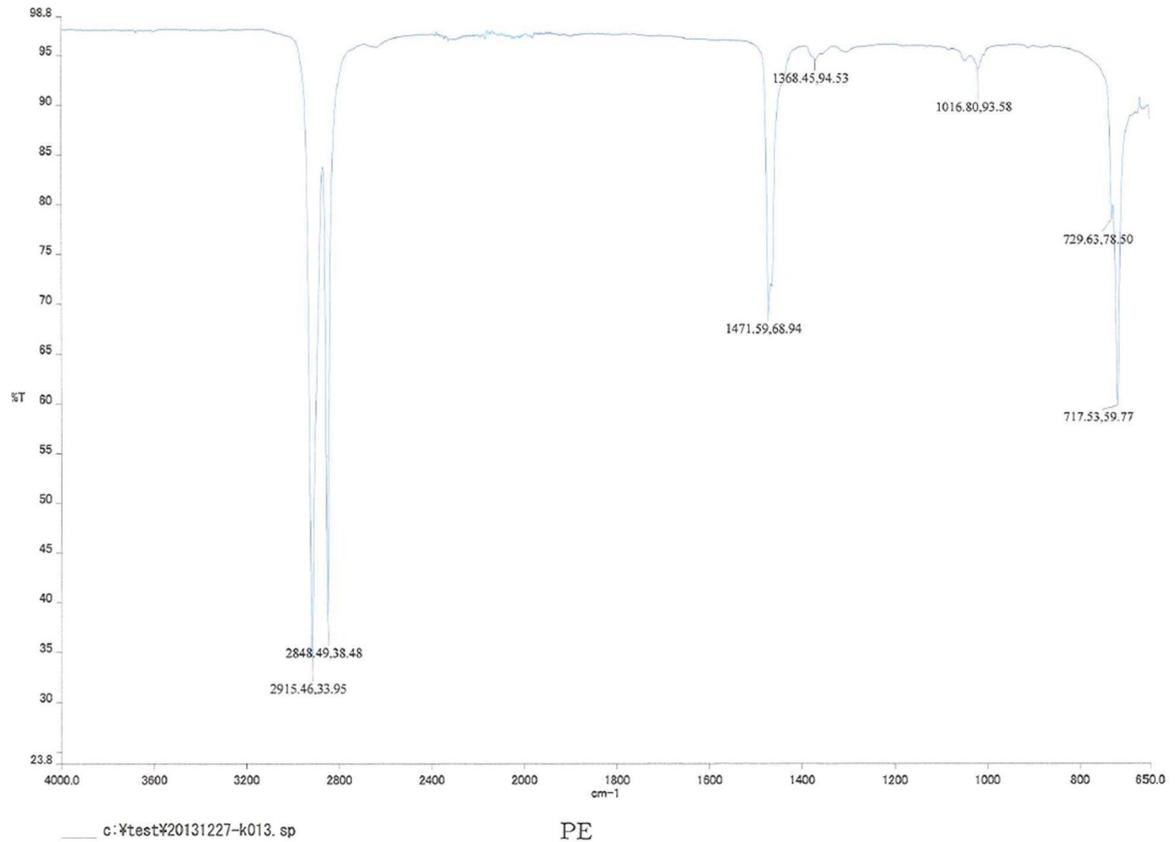
品目	Kg	%	内容	H22DATA
5mm アンダーくず	10.42	17.2%	ガラス、土砂は、こちらに含まれている。	18.9%
プラスチック(硬質)	15.96	26.4%		33.4%
プラスチック(主としてシート状のもの)	3.93	6.5%		5.1%
発泡スチロール	0.13	0.2%	油が含浸しているものが多い	0.4%
ゴム	4.97	8.2%		8.8%
ウレタン	4.37	7.2%	油が含浸しているものが多い	7.7%
繊維類	14.49	23.9%	綿埃、繊維くずの状態、若干廃プラとウレタンくずが絡まって混入してしまっている	11.8%
紙類	0.07	0.1%		0.4%
木類	0.11	0.2%		1.2%
金属類(鉄)	2.49	4.1%	磁石でひっつくものを鉄とした	0.1%
金属類(非鉄金属)	1.49	2.5%	磁石でひっつかないものを非鉄とした	6.2%
ガラス類	0.17	0.3%	ほとんど目視できるものはなかった	0.9%
土砂類	0.00	0.0%	サンプルには含まれていなかった	0.0%
電線類	1.30	2.1%		2.7%
基板等	0.19	0.3%		0.2%
分類不能物	0.45	0.7%		1.3%
小計	60.52			

(出典:H22DATAは、「平成22年度環境省請負業務結果報告書「自動車破碎残さにおける性状把握調査業務」平成23年3月、株式会社環境管理センター」から抜粋)



### ① ASR 由来 PE の波形

PE の波形とほぼ一致しているため、PE として判断された。



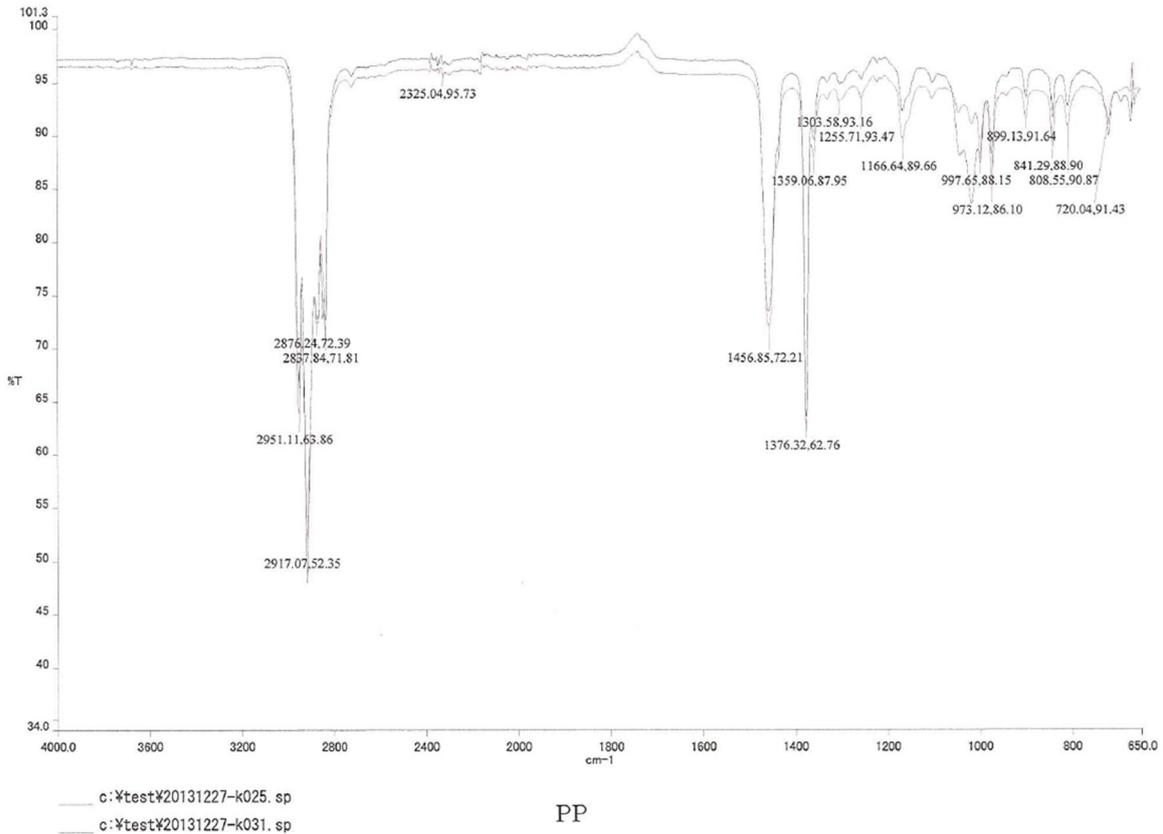
#### 20131227-k013.sp / Spectrum.1st Euclidean Search Hit List

- 0.986 A00805 181897.DX POLYETHYLENE, LOW DENSITY
- 0.984 A13416 S12227.DX POLYETHYLENE LOW DENSITY
- 0.983 AP0049 POLYETHYLENE HIGH DENSITY
- 0.982 A03405 359157.DX PENTACONTANE, 99 %
- 0.981 A09096 A07528.DX TETRATETRACONTANE
- 0.980 A03929 381713.DX TETRACONTANE, 98 %
- 0.977 A09105 A07549.DX OCTATRIACONTANE
- 0.976 A09629 A08819.DX HEXATRIACONTANE
- 0.975 A04676 428175.DX POLYPROPYLENE, AVERAGE MW ~14,000 AVERAGE MN ~3,700 (GPC VS.
- 0.973 A08943 A07159.DX 1-BROMODOCOSANE

図 1-24 ASR 由来の PE の波形

## ② ASR 由来 PP の波形

PP の波形とほぼ一致しているため、PP として判断された。



### 20131227-k025.sp / Spectrum.lst Euclidean Search Hit List

0.981	A04673	427853.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~580,000	AVERAGE MN ~166,000
0.980	A04674	427861.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~340,000	AVERAGE MN ~97,000
0.980	A04675	427896.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~190,000	AVERAGE MN ~50,000
0.977	A00811	182389.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~250,000 BY GPC,	ISOTACTIC
0.976	A04674	427888.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~250,000	AVERAGE MN ~67,000
0.974	A04675	428116.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~12,000	AVERAGE MN ~5,000
0.973	A04662	426512.DX	POLYPROPYLENE-GRAFT-MALEIC ANHYDRIDE,	PELLETS	
0.967	AP0065		POLYPROPYLENE,	ISOTACTIC	
0.960	A06499	A00695.DX	POLYPROPYLENE,	ISOTACTIC	
0.957	A04966	452149.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~174,000	AVERAGE MN ~75,000

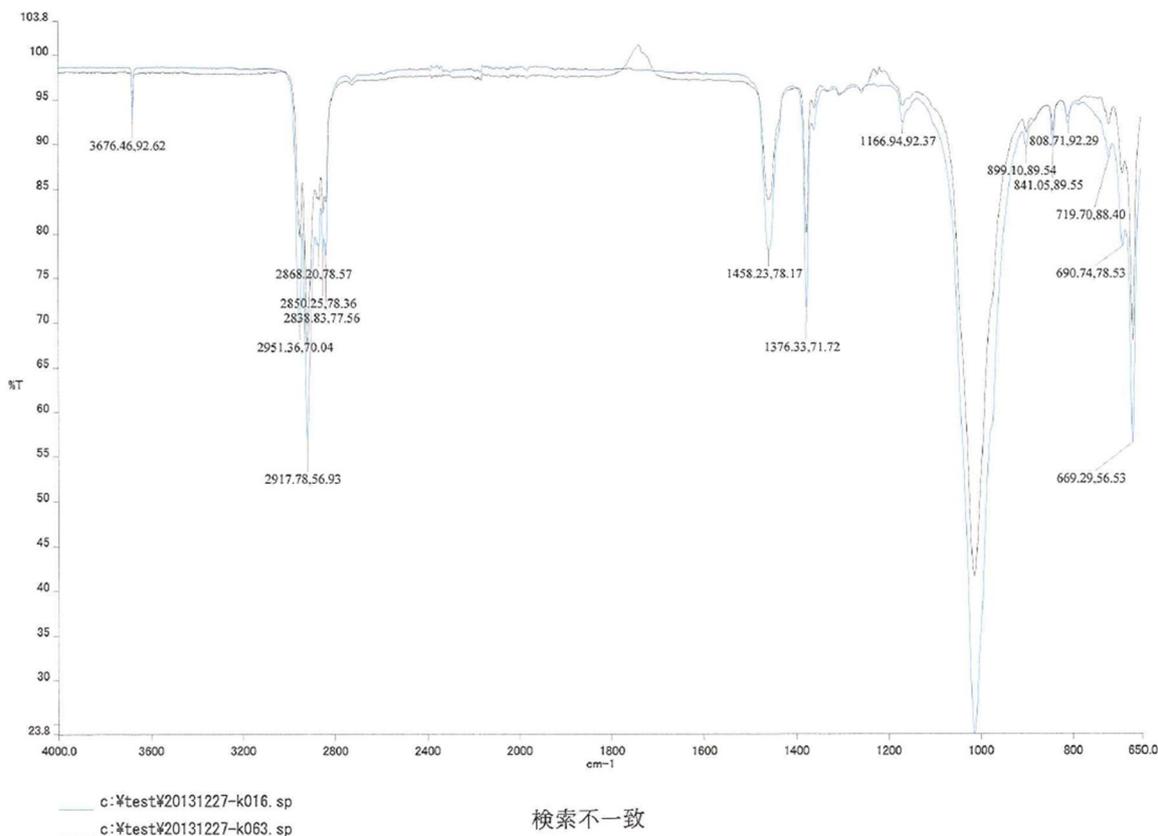
### 20131227-k031.sp / Spectrum.lst Euclidean Search Hit List

0.931	A04673	427853.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~580,000	AVERAGE MN ~166,000
0.926	A04674	427861.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~340,000	AVERAGE MN ~97,000
0.920	A04675	427896.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~190,000	AVERAGE MN ~50,000
0.914	A04674	427888.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~250,000	AVERAGE MN ~67,000
0.913	A00811	182389.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~250,000 BY GPC,	ISOTACTIC
0.910	A04675	428116.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~12,000	AVERAGE MN ~5,000
0.907	A04662	426512.DX	POLYPROPYLENE-GRAFT-MALEIC ANHYDRIDE,	PELLETS	
0.904	A04966	452149.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~174,000	AVERAGE MN ~75,000
0.898	A06499	A00695.DX	POLYPROPYLENE,	ISOTACTIC	
0.897	A04967	452157.DX	POLYPROPYLENE,	AVERAGE MW ~127,000	AVERAGE MN ~54,000

図 1-25 ASR 由来 PP の波形

### ③ ASR 由来 PP 系樹脂の波形

2950、2870、1376 のピークに CH<sub>3</sub> 基、3676、1018、669 のピークに炭カルとなっているため、炭カルコンパウンド PP と想定される。



#### 20131227-k016.sp / Spectrum.1st Euclidean Search Hit List

- 0.921 A06492 A00680.DX POLYETHYLENE
- 0.833 A08566 A06173.DX TRIS(2-ETHYLHEXYL) PHOSPHATE
- 0.826 AP0050 POLYETHYLENE, CHLORINATED 25% CHLORINE
- 0.816 A13660 T22403.DX TETRAHYDROTHIOPHENE 1-OXIDE, 96 %
- 0.811 A01596 237825.DX BIS(2-ETHYLHEXYL) PHOSPHATE, 97 %
- 0.806 A06491 A00678.DX POLYETHYLENE
- 0.797 A07845 A04296.DX JAPANESE ACID CLAY
- 0.793 A13360 SI1795.DX POLYETHYLENE CHLORINATED, CHLORINE CONTENT 48 %
- 0.786 A06493 A00681.DX POLYETHYLENE
- 0.776 A00972 194654.DX CHRYSANTHEMYL ALCOHOL, 98 %, MIXTURE OF CIS AND TRANS

#### 20131227-k063.sp / Spectrum.1st Euclidean Search Hit List

- 0.927 A06492 A00680.DX POLYETHYLENE
- 0.869 AP0050 POLYETHYLENE, CHLORINATED 25% CHLORINE
- 0.848 A06491 A00678.DX POLYETHYLENE
- 0.820 A08566 A06173.DX TRIS(2-ETHYLHEXYL) PHOSPHATE
- 0.804 A13660 T22403.DX TETRAHYDROTHIOPHENE 1-OXIDE, 96 %
- 0.790 A01596 237825.DX BIS(2-ETHYLHEXYL) PHOSPHATE, 97 %
- 0.788 A07845 A04296.DX JAPANESE ACID CLAY
- 0.781 AP0053 POLYETHYLENE, CHLORINATED 48% CHLORINE
- 0.775 A00972 194654.DX CHRYSANTHEMYL ALCOHOL, 98 %, MIXTURE OF CIS AND TRANS
- 0.774 A04207 396362.DX GERMANIUM(IV) METHOXIDE, 97 %

図 1-26 ASR 由来 PP 系樹脂の波形

### (2)硬質系樹脂の組成分析結果

選別された硬質系のプラスチックについて、表面を削ってフーリエ変換赤外分光分析装置 (FT-IR) により登録されているバージンの波形と比べてそれぞれ樹脂名を特定した。その結果、約 8 割が PP を主成分とした樹脂であることがわかり、PE、PA、ABS の順で多かった。しかしながら、PP の約 46%がバージンの PP の波形は示さなかったため、タルク入り PP と想定される。

表 1-4 硬質系樹脂の組成分析結果

樹脂名	成分比	備考
PP	ポリプロピレン 81.4%	44.3%分は、PP、37.1%分は、タルク入り PP と想定される
PE	ポリエチレン 4.7%	
PA	ポリアミド 4.7%	
ABS	アクリルニトリルブ タジエンスチレン 4.2%	
PC	ポリカーボネイト 1.5%	
PET	ポリエチレンテレフ タレート 1.0%	
PVC	塩ビ樹脂 0.9%	
POM	ポリアセタール 0.4%	
PS	ポリスチレン 0.1%	
他樹脂	0.9%	

### (3)シート系樹脂の組成分析結果

選別されたシート系のプラスチックについて、表面を削ってフーリエ変換赤外分光分析装置 (FT-IR) により登録されているバージンの波形と比べてそれぞれ樹脂名を特定した。その結果、約 6 割が PP を主成分とした樹脂であることがわかり、PE、PVC、ABS の順で多かった。しかしながら、PP の約 60%がバージンの PP の波形は示さなかったため、タルク入り PP と想定される。

表 1-5 シート系樹脂の組成分析結果

樹脂名	成分比	備考
PP	ポリプロピレン 63.4%	37.8%分はタルク入り PP、25.6%分は PP と想定される
PE	ポリエチレン 24.1%	
PVC	塩ビ樹脂 9.2%	
ABS	アクリルニトリルブ タジエンスチレン 0.6%	
PS	ポリスチレン 0.3%	
他樹脂	2.4%	

#### (4)ASR に含まれる廃プラスチックの組成

硬質系樹脂とシート系樹脂を合算した場合の ASR に含まれる廃プラスチックは、硬質系樹脂が 26.4%、シート系樹脂が 6.5%の合計 32.9%であった。ASR 全体に占める PP と PE の比率は、28.7%であり、ASR のプラスチックに占める割合は、87.3%であった。

その他樹脂は、PVC を除けば、わずかであり、回収することは困難であると判断できた。

表 1-6 ASR に含まれる廃プラスチック類の組成比率

樹脂名	ASR の廃プラスチックに対する比率	ASR に対する比率
PP	67.0%	22.0%
PE	20.3%	6.7%
PVC	7.6%	2.5%
ABS	1.3%	0.4%
PA	0.9%	0.3%
PC	0.3%	0.1%
PS	0.3%	0.1%
PET	0.2%	0.1%
POM	0.1%	0.0%
他樹脂	2.1%	0.7%
計	100.0%	32.9%

#### (5) 臭素系難燃剤の分析

ASR における臭素系難燃剤については、硬質系プラスチックの難燃剤と内装材のシートの繊維に含有していることがわかっている。当初の計画では ASR に含まれる臭素系難燃剤(PBDE、PBB 及び HBCD)の定量分析を行うこととしていたが、環境省担当官と協議し、必要最低限の分析として選別後の PP リッチペレット(PE 含む)についてのみ分析を行うこととした。なお、既往の調査による ASR に含まれる臭素系難燃剤の分析結果は、表 1-7 のとおりである。

臭素系難燃剤の分析方法は、蛍光 X 線分析により含有について把握し、含有が確認されたら詳細分析を行うこととしたが、蛍光 X 線分析結果は、不検出だったため、材料リサイクルの原料として検討している PP リッチペレット (PE 含む) には、臭素系難燃剤(PBDE、PBB 及び HBCD)が含まれていないと判断した。

表 1-7 ASR 中の臭素系難燃剤含有量(mg/kg)

調査年度	平成24年度	平成22年度		
		(12年以降販売車)	(8年以前販売車)	
試料数	(N=4)	(N=5)	(N=5)	
P B D E	MoBDE (1)	ND (<1)	ND (<1)	ND (<1)
	DiBDE (2)	ND (<1)	ND (<1)	ND (<1)
	TrBDE (3)	ND (<1)	ND (<1)	ND (<1)
	TeBDE (4)	<1 ~ 26 (7)	ND (<1)	ND (<1)
	PeBDE (5)	<1 ~ 50 (13)	ND (<1)	ND (<1)
	HxBDE (6)	<1 ~ 8 (2)	<1 ~ 2 (<1)	ND (<1)
	HpBDE (7)	ND (<1)	ND (<1)	ND (<1)
	OcBDE (8)	ND (<1)	ND (<1)	ND (<1)
	NoBDE (9)	10 ~ 37 (19)	2 ~ 10 (6)	10 ~ 28 (20)
	DeBDE (10)	110 ~ 410 (210)	37 ~ 180 (120)	190 ~ 590 (410)
	T-PBDE (総PBDE)	120 ~ 530 (250)	41 ~ 190 (130)	200 ~ 620 (430)
PBB	ND (<1)	ND (<1)	ND (<1)	
H B C D	$\alpha$	ND (<2)	ND (<2)	3 ~ 6 (5)
	$\beta$	ND (<2)	ND (<2)	ND (<2)
	$\gamma$	ND (<2)	<2 ~ 8 (2)	8 ~ 12 (11)
	T-HBCD (総HBCD)	ND (<2)	<2 ~ 8 (2)	11 ~ 18 (15)

(出典：「ASR分析調査結果について」、環境省、平成25年8月7日発表資料)

表 1-8 自動車における臭素系難燃剤の使用動向

素材	使用状況	本事業の活用性
PP	自動車軽量化のための汎用材料となっている。エンジン回りに臭素系難燃剤（PBDE、ポリプロモジフェニルエタン）が主に処方されている。	検討中
ABS	内装材としてインストルメントパネル用に臭素系難燃剤（TBBA、臭素化カーボネートオリゴマー）を処方できるが、まだ多用されていない。	活用なし
PA(HTPA)	電装部品として、コネクター、リレー、ボビン、ジャケット用に臭素系難燃剤（臭素化ポリスチレン、臭素化ポリカーボネートオリゴマー）を処方する。	活用なし
PBT	PA 同様、電装部品にコネクター、コイル、ECU ケースに臭素系難燃剤（臭素化ポリスチレン、臭素化ポリカーボネートオリゴマー）が使われる。	活用なし

(出典：平成 23 年度使用済自動車再資源化に係る臭素系難燃剤等対策調査業務、環境省、平成 24 年 3 月より作成)

表 1-9 PP の蛍光 X 線分析方法

項目	概要
測定元素	臭素(Br)
定量方法	バルク検量線法
コリメータ	Φ8.0mm
使用機器	エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社製 SEA1200VX エレメントモニタ
分析機関	一般財団法人化学物質評価研究機構

表 1-10 臭素分析結果

項目	検出値	定量下限(mg/kg)
臭素(Br)	不検出	50

## 2. 光学選別機及びメタルソーサーを利用した ASR 高度選別実証試験の実施

### 2.1 ASR 高度選別実証試設備の概要

本実証事業では、使用済小型家電及び使用済家電 4 品目のミックスペラスチックを選別することを目的とする設備で実証実験を行うことを計画している。そのため、金属類は、回収よりも除去することを主眼とおいている。設備ごとの特徴については、下記のとおりである。

振動篩機は、スクリーンは変更可能であるが、既存の設備は、小型家電用であるため、樹脂に砂が混入しないために、2mm のスクリーンを使用した。ASR 用に、スクリーンを 5mm と 20mm に変更して実証試験を行った。

メタルソーサーは、鉄と非鉄を除去できる。センサーの感度は、可変であり、ベルトの下から感知させている。

光学選別機の選別精度は、我が国最大精度の 1 秒間に 32 万スキャンポイントの精度で、130cm の幅のベルトコンベア上にあるものを選別することができる。

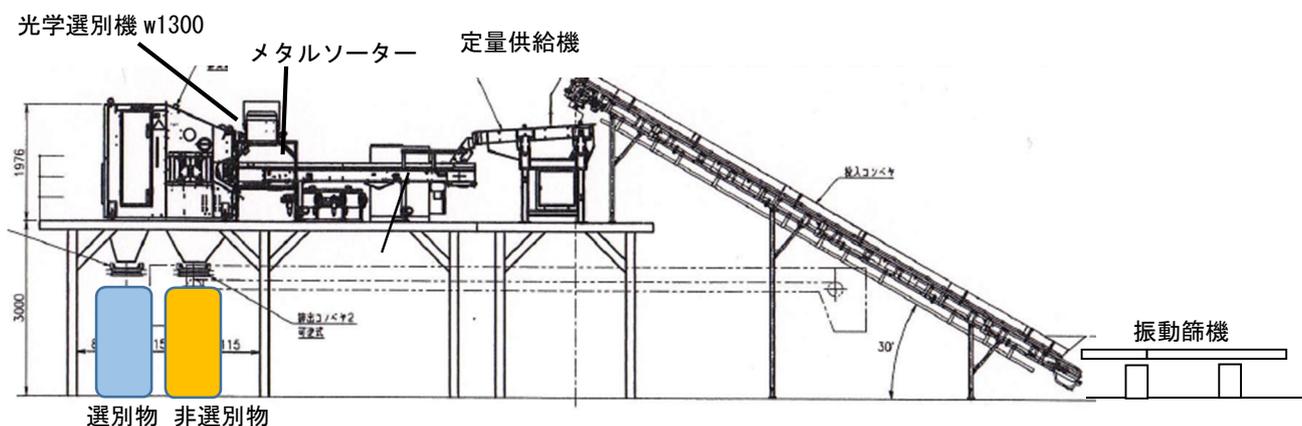


図 2-1 高度選別施設の立面図



図 2-2 振動篩機



図 2-3 投入口と投入コンベア



図 2-4 定量供給機



図 2-5 光学選別及びメタルソーター



图 2-7 選別物排出口

## 2.2 高度選別施設を活用した ASR の効率的な選別方法の検討

ASR を効率的に選別する方法について、プレテストを実施し、課題点を整理した。ASR をそのまま選別しようとするすると表面に砂が付着しており、センサーが誤って選別してしまう課題があった。そのため、振動篩機においてくず（金属くずや樹脂くず）を除去した。

一方、ASR の物理組成分析結果からわかるように、繊維くずが多く含まれており、これらが金属くずに絡まり、手で取ることさえ、困難であり、選別機では分離することが難しいことがわかった。従って、金属くずの金属としての回収は、諦め、プラスチックを選別する際に阻害要因となるものを除去することを目的に、金属が少しでも付着しているプラスチック（ビス付き含む）、繊維類と一緒に除去することをめざし、メタルソーターの設定を強くし、選別した。

実際に、未選別の ASR190kg を対象に、振動篩機にて、2mm のスクリーンと 25mm の孔に落ちた微細な ASR は、51kg であった。次に、メタルの感度を強く設定したメタルソーターにより、選別したところ、メタル含有の異物が、42kg 回収できた(図 2-12 参照)。しかしながら、メタルに異物が絡みすぎて、回収物は、メタルとしての価値はでないようなものであった。

次に、非選別物 72.5kg(図 2-12 参照)を対象に、プラスチックの選別に邪魔なウレタン 12kg(図 2-13 参照)を選別した。ウレタンには、ウレタンに絡まった繊維、プラスチックなども混入している。

次に、ウレタン以外の非選別物 52.5kg から、PP9.5kg(図 2-15 参照)を回収した。しかしながら、PP に絡まった繊維などが混入しているため、PP としては利用できない状況であった。

次に、メタルとして回収した 42kg からメタル選別の感度を落として選別したところ、15.5kg のメタル(図 2-16 参照)を回収したが、メタルとしては価値がないものであった。

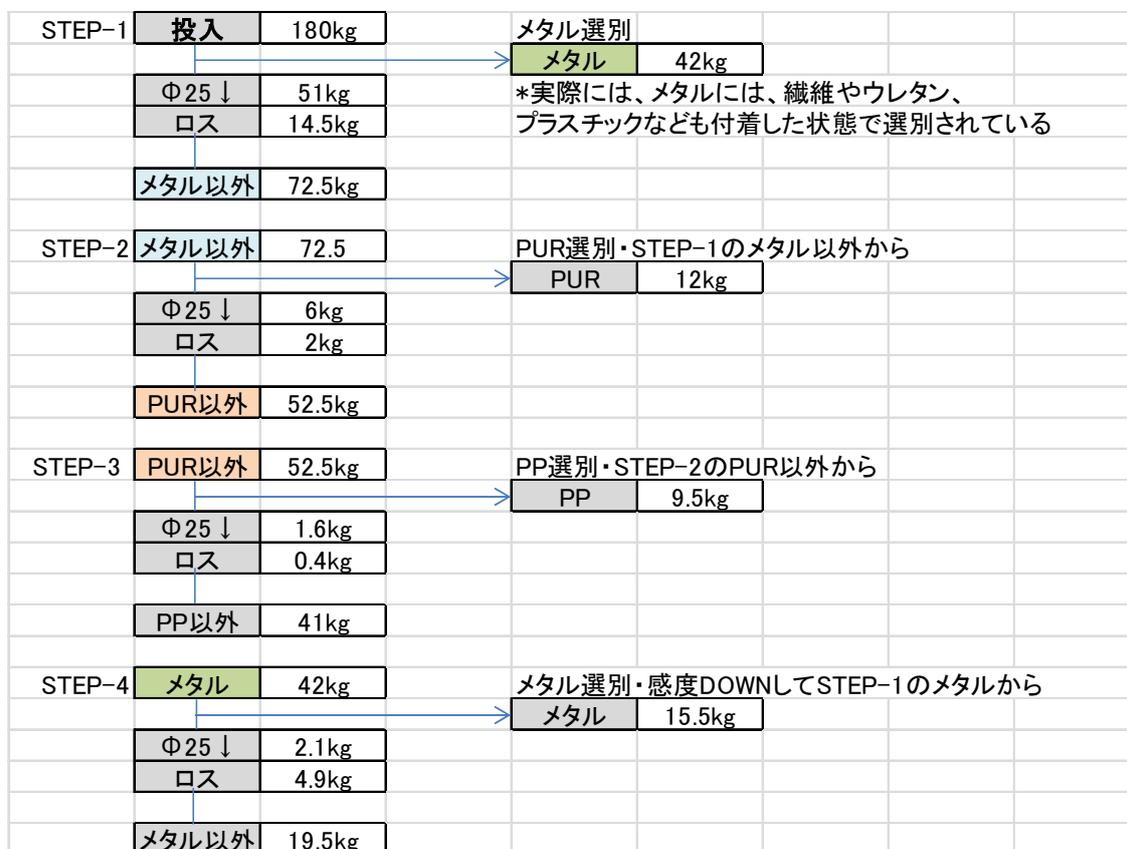


図 2-8 ASR のプレ選別試験フロー



図 2-9 ASR (190kg)



図 2-10 振動篩



図 2-11 定量供給機



図 2-12 金属選別物(42kg)



図 2-13 非選別物(72.5kg)



図 2-14 ウレタン(12kg)



図 2-15 PP(9.5kg)



図 2-16 金属からの金属(15.5kg)

以上の結果から、ASRには、微細な砂状の異物が多いため、センサーによる選別に影響を及ぼしてしまうことが明らかになった。しかしながら、砂を除去することを目的としたスクリーンの孔が25mmであったため、投入量の約27%も除去されてしまったため、スクリーンの孔は、20mmに改良することにした。また、ASRから物理選別により金属を回収することは、メタルソーターの感度関係なく、繊維等が絡まって、価値がない資源となってしまうため、異物を除去するためのメタルソーターという位置づけが望ましい。

次にメタルやプラスチックの量については、光学選別機の機能により、表面積を積算することはでき、およその割合を把握することができる。メタルが多いのはメタルが繊維やウレタンに絡まっているものもメタルとして認識する。次に、ウレタンが多いため、ウレタンについてもセンサーで選別する。塩ビについては、コンベアが認識されている部分も多い。樹脂については、PPが圧倒的に多く、次にABS、PE、PET、PC\_ABSが認識されている。

従って、実際には、メタルとウレタンを1台の自動選別機で一気に選別し、除去することが望ましい。次に、振動篩機の脇に2名程度立ち、繊維や木くずなど異物を手選別し、次に色のついているABS、PET、PC\_ABS、POMを除去すれば、残ったものは、PP、PEということになる。PP、PEであっても、ねじ付きや金属付き硬質系樹脂は、メタルソーターにより除去した。シート系のPE等は、ウレタンや繊維などが付着されているものも除去されている。さらに、木や紙など異物を手選別で取り除いたものがPP、PE原料となるが、ソーターによる分析結果から大半の9割がPPであった。メタルが実際の回収量より多く見えているのは、メタルに絡まった繊維やウレタン、ねじ付きや金属付き硬質系樹脂もメタルとして認識されたためである。

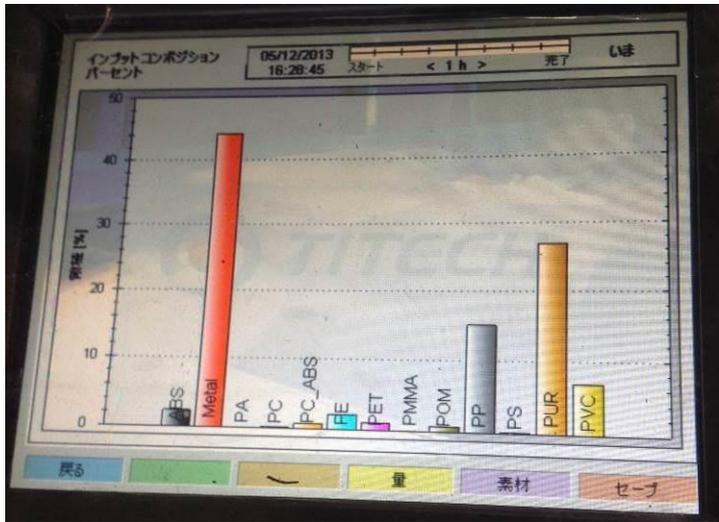


図 2-17 光学選別機による表面積から算定される樹脂の割合

### 2.3 ASR 高度選別実証試験による材料リサイクル向け原料の選別試験

材料リサイクル向けサンプルは、PP を回収することを目的とし、PP 選別をする際の異物を除去し、光学選別機が正確に選別できるようにした。プレ実証試験において、鉄や非鉄などの金属類は、メタルソーターを複数回通しても繊維やウレタンが引っかかり金属類のみを除去することが困難であったため、本選別試験においては、光学選別機を正確に運転するための異物を除去することを目的として選別試験を行った。

しかしながら、自動車の PP は黒が多かったため、光学選別機は、機能せず、収率は、極めて低い結果となった。このような状況であったため、PP だけを選別した材料リサイクルの検証をしたとしても事業として成立しないことが予想されるため、PE が含有した PP リッチな状況で、コンパウンドを行えば、材料リサイクル向け原料となることが一般的に可能な状況であったため、PP を中心としたプラスチック原料として材料リサイクルの試験を実施することとした。

表 2-1 高度選別機による材料リサイクル原料製作プロセス

番号	対象物	実施内容	選別物	備考
1	フレコン入り ASR	フレコンの重量を計量し、記録する。	—	
2		振動篩機により、20mm アンダーのものを除去する	微細物を取り除いた ASR	
3	微細物を取り除いた ASR	メタル及びウレタンのみ光学選別機で選別する。	メタル、ウレタンを含む異物	異物除去を目的とし、金属回収は想定していない
4			非選別物	
5		振動篩機により、20mm アンダーのものを除去する	微細物を取り除いた非選別物	
6		振動篩機の上で、手選別により、木、紙、繊維などを取り除く	プラスチック	
7	プラスチック	PP を光学選別機で選別する。	PP	

ASR投入	2,500	kg							
振動篩(φ20)	525	kg(砂、ガラス等)							
ロス	63	kg	メタルソーターと光学選別機による選別						
				878	kg				
			(メタル以外にも、繊維やウレタン、金属付きプラなどが絡まった状態)						
非選別物	1,035	kg							
振動篩(φ20)	124	kg(砂、ガラス等)							
ロス	21	kg							
手選別	155	kg(繊維、木、ゴム、紙等)							
			光学選別機によるPP(黒以外)の選別						
				31	kg				
非選別物	704	kg							

図 2-18 材料リサイクル向け原料の選別フロー

一方、ASR に含まれる PS、PC については、ASR 中には、0.1%しか含有してないことがわかったため、回収対象とはしなかった。また、PE、ABS については、ASR 中には、6.7%、0.4%含有していることがわかっている。PE、ABS の端材について再生樹脂商社に価格相場を確認したところ、それぞれ、50 円/kg、60 円/kg という相場であった。しかしながら、黒の樹脂が多いため、光学選別機では、収率があがらないため、比重分離による分離方法はあるが、ABS の回収は、0.4%含有であるため、比重分離装置の投資対効果が見込めない。

PE については、一定の割合があるが、自動車部品のシート系材料などは、PE をコンパウンドすることもあるため、PP と PE を光学選別するより、選別することは黒の樹脂が多いため、困難であり、比重分離も PP と PE の選別は困難であるため、PP リッチペレットとしてコンパウンドする方が、事業性が高まると考えられる。



図 2-19 選別 PE サンプル



図 2-20 選別 ABS サンプル

## 2.4 ASR 高度選別実証試験による油化向け原料の選別試験

油化に必要な原料は、PP、PE、PS であるが、PS はほとんどないため、PP と PE を中心とした原料を生産することを目的に選別試験を行った。油化の実証実験は、ASR4t から表 2-2 のプロセスにより、PP が大半の PE を含む油化原料を作成した。

油化試験に必要なウレタンについては、2 段階目で回収したメタルとウレタンからウレタンのみ回収し、油化原料とした。

本実証試験は、事業性を向上させるため、従来の熱分解油化プラントではなく、使用済 FCC 触媒を利用した接触分解方式の油化プラントにて実証実験を行うこととし、株式会社野田修護商店が所有する実証プラントにて実証試験を行った。同社によると油化実験のためには 1 検体 120kg 程度必要であるとのことから、ウレタンの含有量を調整した表 2-3 の油化サンプルを作成した。

表 2-2 高度選別機による油化原料作成プロセス

番号	対象物	実施内容	選別物	備考
1	フレコン入り ASR	フレコンの重量を計量し、記録する。	—	
2		振動篩機により、20mm アンダーのものを除去する	微細物を取り除いた ASR	
3	微細物を取り除いた ASR	メタル及びウレタンのみ光学選別機で選別する。	メタル、ウレタンを含む異物	異物除去を目的とし、金属回収は想定していない
4			非選別物	
5		振動篩機により、20mm アンダーのものを除去する	微細物を取り除いた非選別物	
6		振動篩機の上で、手選別により、木、紙、繊維などを取り除く	プラスチック	
7	プラスチック	ABS、PC、POM、PVC を光学選別機で選別する。	PP、PE	

ASR投入	4,000	kg				
振動篩(φ)	848	kg(砂、ガラス等)				
ロス	100	kg	メタルソーターと光学選別機による選別			
				1,488	kg	
			(メタル以外にも、繊維やウレタン、金属付きプラなどが絡まった状態)			
非選別物	1,564	kg				
振動篩(φ)	203	kg(砂、ガラス等)				
ロス	31	kg				
手選別	291	kg(繊維、木、ゴム、紙等)				
			光学選別機によるABS、PC、PVC、POMの選別			
				172	kg	
非選別物	866	kg				

図 2-19 油化向け原料の選別フロー

表 2-3 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	

### 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、黒で選別できなかつた 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つた 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つたため、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

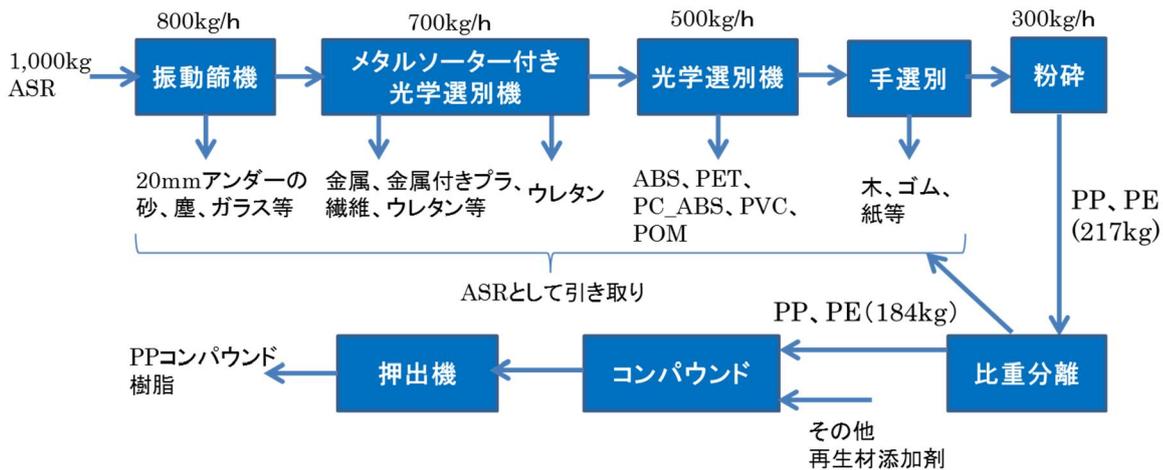


図 3-3 ASR 由来 PP リッチのコンパウンドフロー

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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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
MI (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 <sup>2</sup> )	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もので、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。

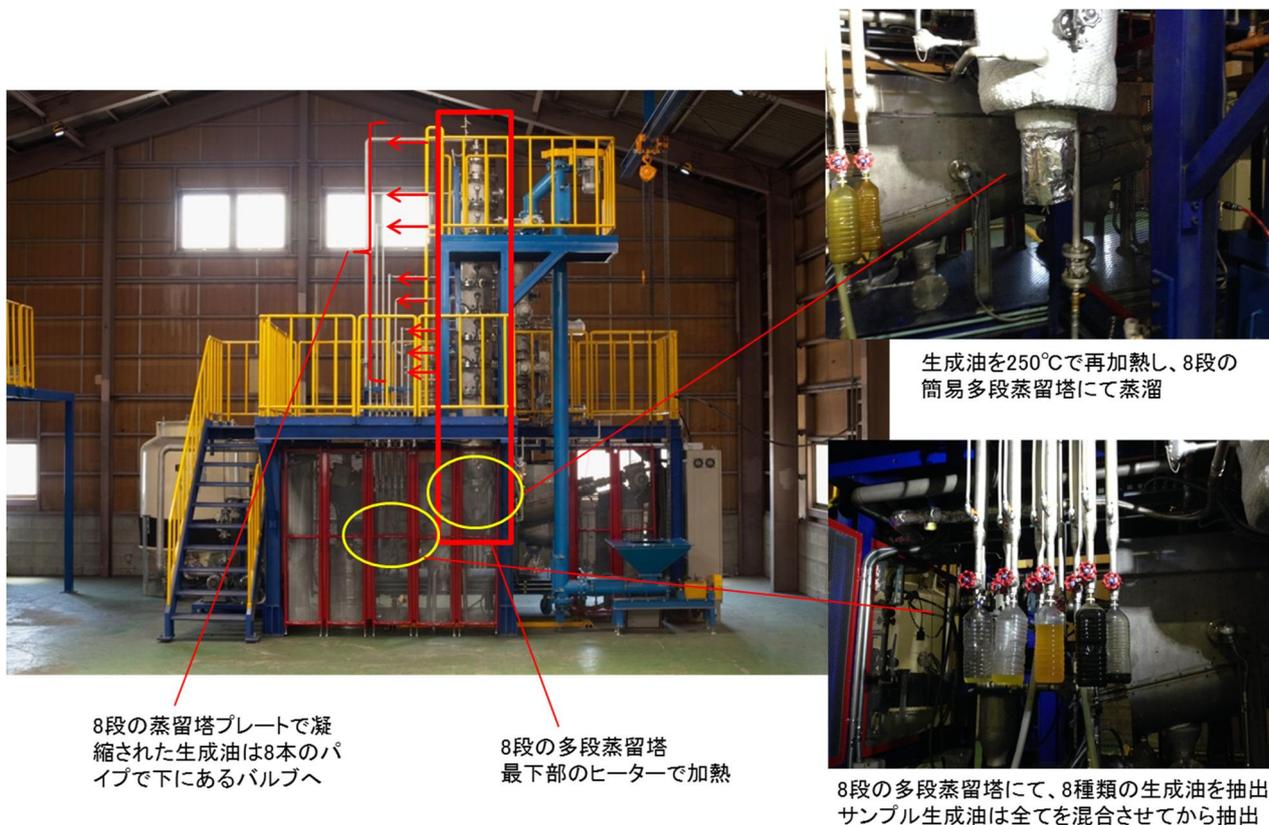


図 4-1 多段蒸留塔のある油化技術の概要

## 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

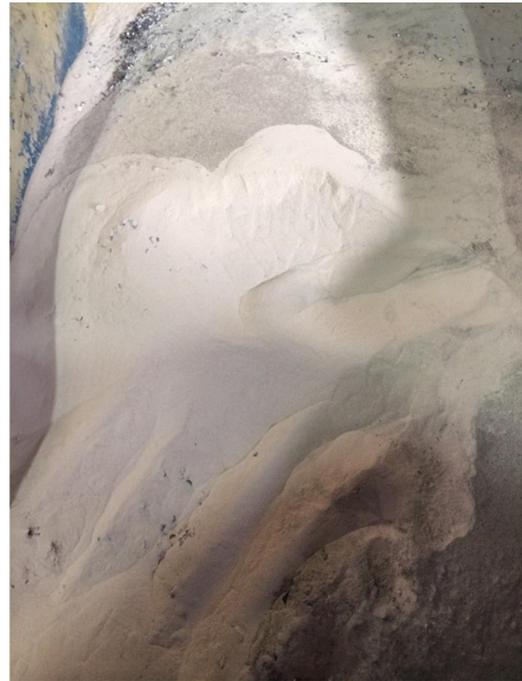


図 4-8 廃 FCC 触媒



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、清掃する必要があり、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だけで、収率が大幅に収率してしまっただけ。

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°C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°Cでは、検体Aと比較すると流動性が悪かったが、200°C以下の蒸溜は検体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°Cでは、検体Bよりも更に流動性が悪くなったが、150°C以下の蒸溜は検体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°C~150°C)、検体 A-2 (凝縮温度 70°C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 50gBr<sub>2</sub>/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/cm<sup>3</sup> 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°C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°C留分、20~90°C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°C、アニリンの沸点は 184°C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 <sup>3</sup>	0.7865	0.8022	0.8119	0.7910	0.7334
水分	JIS K 2275	wppm	320 <sup>1)</sup>	536 <sup>2)</sup>	890 <sup>2)</sup>	118 <sup>1)</sup>	138 <sup>1)</sup>
臭素価	JIS K 2605	gBr <sub>2</sub> /100g	73.2	68.7	68.1	68	100.4
ジエン価	UOP 326-65	g/100g	10.4 <sup>3)</sup> 参考値	12.9 <sup>3)</sup> 参考値	13.6 <sup>3)</sup> 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	wppm	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	wppm	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—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、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 などを除去する。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。

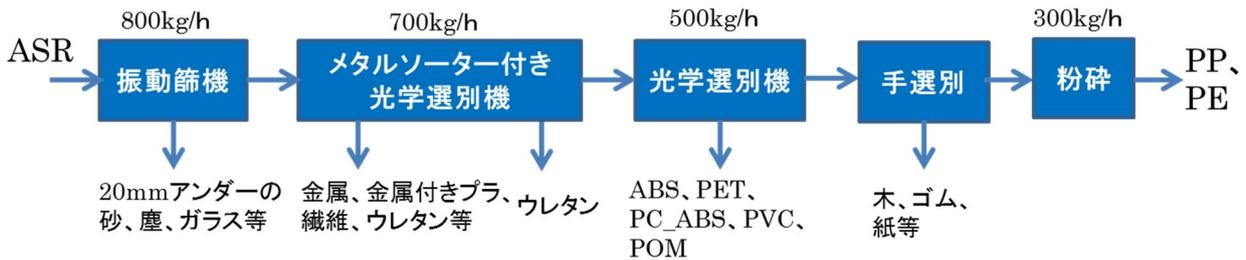


図 5-1 ASR 高度選別事業のプロセスフロー

### 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 の破砕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 の破砕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

表 5-2 ASR 高度選別事業の事業採算性(12h 稼働)

項目	詳細	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
売上	PP、PE製品販売売上	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750
	PP、PE製品販売単価(千円/t)	50	50	50	50	50	50	50	50
	PP、PE製品販売量(t)	595	595	595	595	595	595	595	595
原価	人件費	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
	オペレーター年収(福利厚生費含む)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
	人数	6	6	6	6	6	6	6	6
	電気代	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762
	維持費	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	減価償却費	22,500	16,875	12,656	9,492	7,119	5,339	4,005	3,003
	計	47,062	41,437	37,218	34,054	31,681	29,901	28,567	27,565
営業利益		-17,312	-11,687	-7,468	-4,304	-1,931	-151	1,183	2,185
	販売管理費(売上の10%)	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975
経常利益		-20,287	-14,662	-10,443	-7,279	-4,906	-3,126	-1,792	-790

表 5-3 ASR 高度選別事業の事業採算性(24h 稼働)

項目	詳細	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
売上	PP、PE製品販売売上	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500
	PP、PE製品販売単価(千円/t)	50	50	50	50	50	50	50	50
	PP、PE製品販売量(t)	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190
原価	人件費	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	オペレーター年収(福利厚生費含む)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	人数	9	9	9	9	9	9	9	9
	電気代	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524
	維持費	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	減価償却費	22,500	16,875	12,656	9,492	7,119	5,339	4,005	3,003
	計	69,824	64,199	59,980	56,816	54,443	52,663	51,329	50,327
営業利益		-10,324	-4,699	-480	2,684	5,057	6,837	8,171	9,173
	販売管理費(売上の10%)	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950
経常利益		-16,274	-10,649	-6,430	-3,266	-893	887	2,221	3,223

表 5-4 ASR 高度選別事業の事業採算性(12h 稼働) (インセンティブありのケース)

項目	詳細	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
売上	PP、PE製品販売売上	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750	29,750
	PP、PE製品販売単価(千円/t)	50	50	50	50	50	50	50	50
	PP、PE製品販売量(t)	595	595	595	595	595	595	595	595
	減量インセンティブ費(29円/kg)	17,255	17,255	17,255	17,255	17,255	17,255	17,255	17,255
	計	47,005	47,005	47,005	47,005	47,005	47,005	47,005	47,005
原価	人件費	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
	オペレーター年収(福利厚生費含む)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
	人数	6	6	6	6	6	6	6	6
	電気代	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762	4,762
	維持費	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	減価償却費	22,500	16,875	12,656	9,492	7,119	5,339	4,005	3,003
	計	47,062	41,437	37,218	34,054	31,681	29,901	28,567	27,565
営業利益		-57	5,568	9,787	12,951	15,324	17,104	18,438	19,440
	販売管理費(売上の10%)	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975
経常利益		-3,032	2,593	6,812	9,976	12,349	14,129	15,463	16,465

表 5-5 ASR 高度選別事業の事業採算性(24h 稼働) (インセンティブありのケース)

項目	詳細	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
売上	PP、PE製品販売売上	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500	59,500
	PP、PE製品販売単価(千円/t)	50	50	50	50	50	50	50	50
	PP、PE製品販売量(t)	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190
	減量インセンティブ費(29円/kg)	34,510	34,510	34,510	34,510	34,510	34,510	34,510	34,510
	計	94,010	94,010	94,010	94,010	94,010	94,010	94,010	94,010
原価	人件費	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	オペレーター年収(福利厚生費含む)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	人数	9	9	9	9	9	9	9	9
	電気代	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524	9,524
	維持費	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	減価償却費	22,500	16,875	12,656	9,492	7,119	5,339	4,005	3,003
	計	69,824	64,199	59,980	56,816	54,443	52,663	51,329	50,327
営業利益		24,186	29,811	34,030	37,194	39,567	41,347	42,681	43,683
	販売管理費(売上の10%)	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950	5,950
経常利益		18,236	23,861	28,080	31,244	33,617	35,397	36,731	37,733

### 5.1.3 接触分解方式による油化事業の事業採算性の検討

#### (1)接触分解方式による油化事業の概要

従来の技術である熱分解方式は、ランニングコストが高く、採算が悪かったため、本実証事業では、新たな技術である使用済 FCC 触媒を使用した接触分解方式による油化プラントにより、油化実証試験を行った。

表 5-6 従来熱分解技術との比較

方式	熱分解方式	接触分解方式
触媒	なし	あり
対象プラスチック	主に PP、PE、PS	主に PP、PE、PS、10%程度の PVC、PET の混入可
処理方法	主としてバッチ式	連続式
生成由収率	～70%	～80%
生成油主成分	重質由(軽油、重油)	ナフサ、灯油、軽油
生成由品質	低(WAX 分多い、流動性低い)	高(WAX 分なし、流動性高い)
残留塩素	数 100ppm	100ppm 以下
安全性	ガス噴出リスクあり	ガス圧は安定
メンテナンス性	コーキングによる処理能力低下や、配管の閉塞が起りやすい、塩素による腐食トラブル等により、頻繁にメンテナンスが必要	コーキング発生や配管の閉塞なし、脱塩素材により、配管等の腐食なし

## (2)接触分解方式による油化事業の事業スキームの概要

ASR を高度選別施設にて選別し、PP リッチ樹脂を中心とした油化原料を油化する事業だけだと油化事業としては採算性が取れないため、容器包装プラスチックの再商品化事業者に登録を行い、容器包装プラスチックと ASRPP リッチ樹脂をそれぞれ処理能力の 50%ずつ受け入れることを想定した事業を推進することが望ましいと判断した。

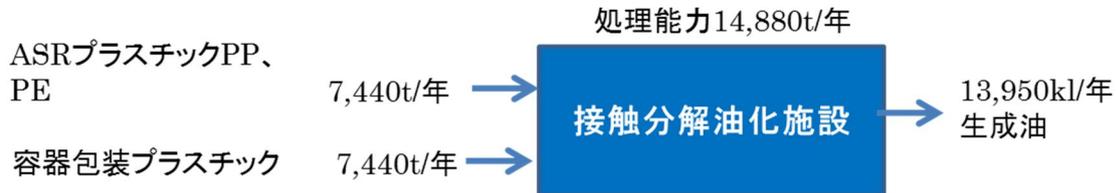


図 5-2 接触分解方式による油化事業の事業スキーム

## (3)事業採算性の検討

容器包装プラスチックの再生処理事業を中心として実施することとし、ルール通り、処理能力の 90%までを落札するものとして試算した。また、平均落札単価は、ケミカルリサイクルの平均落札単価 41 円/kg より安い 34 円/kg とし、毎年 2 円/kg ずつ下がっていくことを想定した。

表 5-7 接触分解方式の油化事業の設備前提条件

項目	概要	根拠
年間処理能力	14,880t/年	2,000kg/h×24h×310 日
生成油生産量	13,950kl/年	ASR プラ油化率 80%(重量比)、比重 0.8、7440kl/年 容器包装プラスチック油化率 70%(重量比)、6510kl/年
ASR 由来プラ	50 千円/t	購入費
生成油販売単価	60 千円/kl	
設備概要	接触分解施設	
人員	48 人	4 組：オペレーター11 人/組、現場リーダー1 人/組
間接人員	8 人	事務スタッフ 4 名、管理者 4 名
触媒・消石灰	6000 千円	月額 50 万円×12 ヶ月
製造経費	4,800 千円	月額 40 万円×12 ヶ月(フォーク燃料費等)
一般管理費	—	売上の 5%と仮定
電気	91,066 千円/年	900kw×負荷率 0.8×17 円/kw×24h×310 日
維持費	8,000 千円/年	設備投資額の 2%
設備投資額	約 400,000 千円	設備償却 8 年
建屋建設額	約 180,000 千円	償却期間 31 年

表 5-8 接触分解による油化事業の事業採算性評価

項目	詳細	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
売上	生成油売上	418,500	837,000	837,000	837,000	837,000	837,000	837,000	837,000
	生成油販売単価(千円/kl)	60	60	60	60	60	60	60	60
	生成油販売量(kl)	6,975	13,950	13,950	13,950	13,950	13,950	13,950	13,950
	容リ処理費売上	126,480	238,080	223,200	208,320	193,440	178,560	163,680	148,800
	処理単価(千円/t)	34	32	30	28	26	24	22	20
	処理量(t/年)	3,720	7,440	7,440	7,440	7,440	7,440	7,440	7,440
	計	544,980	1,075,080	1,060,200	1,045,320	1,030,440	1,015,560	1,000,680	985,800
原価	人件費	96,000	192,000	192,000	192,000	192,000	192,000	192,000	192,000
	オペレーター年収(福利厚生費含む)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	人数	24	48	48	48	48	48	48	48
	原材料費	186,000	372,000	372,000	372,000	372,000	372,000	372,000	372,000
	ASRプラ単価	50	50	50	50	50	50	50	50
	ASRプラ購入量(t)	3,720	7,440	7,440	7,440	7,440	7,440	7,440	7,440
	触媒・消石灰	3,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	容リ運搬費	22,320	44,640	44,640	44,640	44,640	44,640	44,640	44,640
	容リ運搬費単価(6千円/t)	6	6	6	6	6	6	6	6
	生成油運搬費	55,800	111,600	111,600	111,600	111,600	111,600	111,600	111,600
	生成油運搬単価(8千円/kl)	8	8	8	8	8	8	8	8
	製造経費	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
	電気代	47,616	47,616	47,616	47,616	47,616	47,616	47,616	47,616
	維持費	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	減価償却費(設備)	75,000	56,250	42,188	31,641	23,730	17,798	13,348	10,011
	減価償却費(建屋)	5,226	5,226	5,226	5,226	5,226	5,226	5,226	5,226
	計	499,362	843,732	829,669	819,122	811,212	805,280	800,830	797,493
営業利益		45,618	231,348	230,531	226,198	219,228	210,280	199,850	188,307
	一般管理経費(売上の5%)	27,249	53,754	53,010	52,266	51,522	50,778	50,034	49,290
	人件費	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000
	事務所スタッフ年収	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
	人数	4	4	4	4	4	4	4	4
	管理者年収	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
	人数	4	4	4	4	4	4	4	4
経常利益		-29,631	129,594	129,521	125,932	119,706	111,502	101,816	91,017

## 5.2 ASR 高度選別事業の環境負荷低減効果

ASRは、自動車リサイクル法により、複数のリサイクル方法があるが、ベースケースでは最も多いガス化溶融によるリサイクルをベースケースとした。既往の研究では、酒井伸一氏らが、ASRの再資源化手法のライフサイクルアセスメントを実施しており、図5-3に示すプロセスにおいて1tASRあたり、1,440kg-CO<sub>2</sub>と試算している。

本実証事業では、ASRの高度選別施設により、プラスチックを回収し、そのプラスチックを材料リサイクルする方法と油化する方法を検討した。油化する場合の実用機が現段階では商用プラントがないため、LCAデータを収集することはできなかったが、容器包装プラスチックを油化した場合の既存の研究結果<sup>(出典4)</sup>によれば、1,900kg-CO<sub>2</sub>/容リプラtという結果であるため、このデータを活用し、試算した。

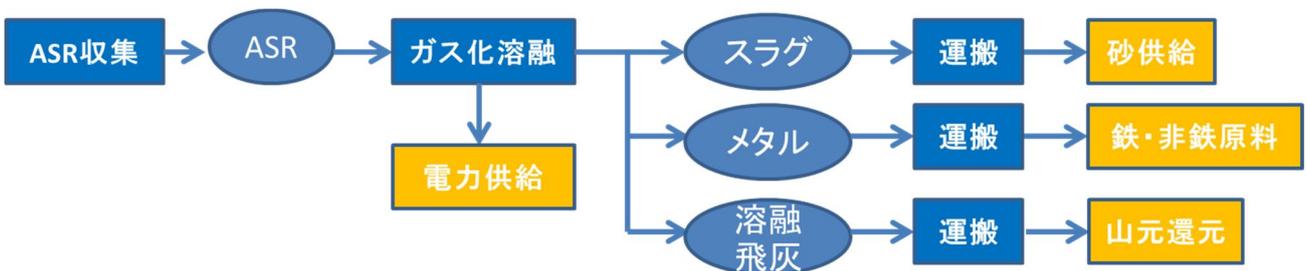


図 5-3 ASR の現行のリサイクルフロー (ベースシナリオ)

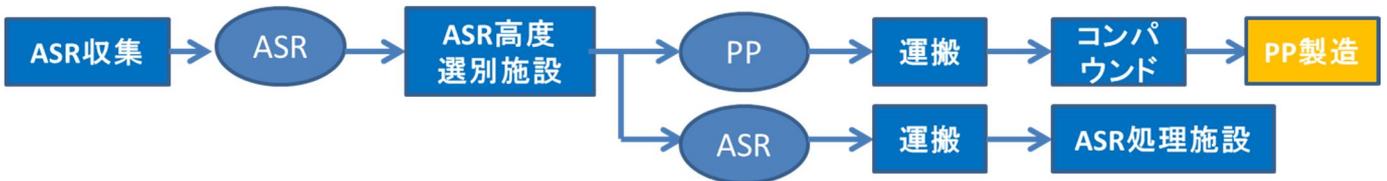


図 5-4 ASR のプラスチック原料化リサイクルフロー (本実証)

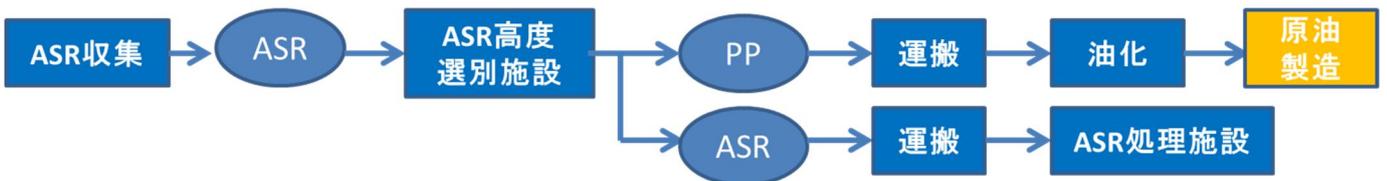


図 5-5 ASR のプラスチック油化リサイクルフロー (本実証)

表 5-9 ASR のプラスチック原料化リサイクルフローにおける LCA 試算結果

項目	kgCO <sub>2</sub> /ASRt	備考
ASR 運搬	0.024	ASR 発生地から処理施設までの運搬、10t 車を想定。既存文献から往復 245km と仮定(注 1)
ASR 高度選別施設	40.60	処理 t あたりの電力使用量 100kwh/t×東電 2012 年度 0.406kg-CO <sub>2</sub> /kwh(注 2)
コンパウンド施設	13.07	コンパウンド t あたりの電力使用量 175kwh/t×東電 2012 年度 0.406kg-CO <sub>2</sub> /kwh、収率 0.184
ASR 由来プラ運搬	0.00093	往復 174km、4t 車を使用すると仮定(注 1)
ASR 運搬	0.024	ASR 発生地から処理施設までの運搬、10t 車を想定。往復 245km と仮定(注 1)
ASR 処理施設	1175.04	ASR をガス化溶解すると仮定、1t あたり 816kg 発生するものと仮定、1440kg-CO <sub>2</sub> /ASR t (注 1) (本原単位には、生成油の原油代替効果が折り込み済みとなっている)
バージン樹脂代替効果	-189.52	処理 1t あたりの PP リッチ材回収量 184kg、ポリプロピレン 1.03kg-CO <sub>2</sub> /kg(注 3)
計	1,039	ASR からプラだけを回収し、材料リサイクルした場合

(出典 1：自動車破碎残渣(ASR)の資源化・処理に関するライフサイクルアセスメント、酒井伸一、廃棄物資源循環学会誌、2012 年 6 月)

(出典 2：2012 年度の CO<sub>2</sub> 排出原単位の実績等について、東京電力、2014 年 7 月 25 日)

(出典 3：LCA データベース、社団法人産業環境管理協会)

表 5-10 ASR のプラスチック油化リサイクルフローにおける LCA 試算結果

項目	kgCO <sub>2</sub> /t	備考
ASR 運搬	0.024	ASR 発生地から処理施設までの運搬、10t 車を想定。既存文献から往復 245km と仮定(出典 1)
ASR 高度選別施設	40.60	処理 t あたりの電力使用量 100kwh/t×東電 2012 年度 0.406kg-CO <sub>2</sub> /kwh(出典 2)
油化施設	349.60	プラスチック t あたりの二酸化炭素排出原単位 1900kg-CO <sub>2</sub> /t(原油削減効果含む)(出典 4)、収率 0.184
ASR 由来プラ運搬	0.00093	往復 174km、4t 車を使用すると仮定(出典 1)
ASR 運搬	0.024	ASR 発生地から処理施設までの運搬、10t 車を想定。往復 245km と仮定(出典 1)
ASR 処理施設	1175.04	ASR をガス化溶解すると仮定、1t あたり 816kg 発生するものと仮定、1440kg-CO <sub>2</sub> /ASR t (出典 1)
計	1,565	ASR からプラだけを回収し、材料リサイクルした場合

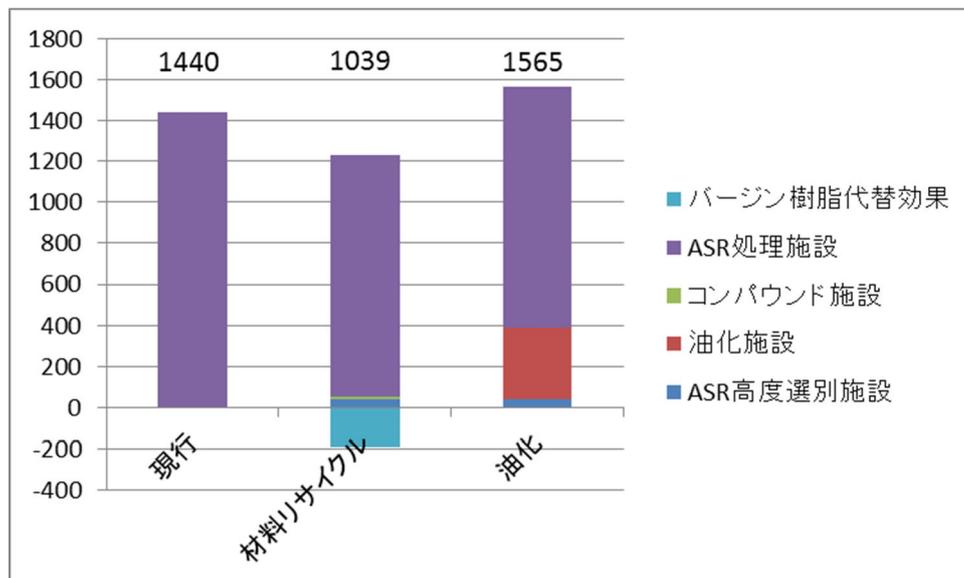
(出典 1：自動車破碎残渣(ASR)の資源化・処理に関するライフサイクルアセスメント、酒井伸一、廃棄物資源循環学会誌、2012 年 6 月)

(出典 2 : 2012 年度の CO2 排出原単位の実績等について、東京電力、2014 年 7 月 25 日)

(出典 3 : LCA データベース、社団法人産業環境管理協会)

(出典 4 : プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討Ⅱ、公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会、平成 24 年 6 月)

以上の結果より、ASR のプラスチックを回収し、リサイクルすることによる二酸化炭素削減効果は、材料リサイクルで、27.8%減で、油化は、9.8%増となった。



### 5.3 事業終了後の展開可能性

#### (1)ASR 高度選別事業の事業展開可能性

ASR 高度選別事業については、本実証試験により光学選別機により、材料リサイクルや油化原料となりうる ASRPP リッチ樹脂の回収は、実現可能であることが判断できた。実施場所としては、破砕事業者であるスズクホールディング株式会社が、破砕施設に併設して設置することが、ASR の横持ち運搬費のコストを低減できるため有効であることが明らかである。

また、ASR からプラスチック原料を回収するためのコストは、既存の制度である ASR の減量インセンティブ制度を適用し、収益改善を目指すこととする。これら事業が実現できれば、スズクホールディング株式会社が所有する他の破砕事業の横にも併設していく展開可能性が考えられる。

ASR 高度選別事業により回収された ASRPP リッチ樹脂は、材料リサイクル用の原料と油化原料として販売することになる。材料リサイクルについては、株式会社レノバが購入し、コンパウンドを行い、日産自動車向け自動車原料として販売するとともに、その他用途向けのコンパウンド原料として活用する。一方、油化原料については、株式会社野田修護商店が展開する接触分解方式による油化事業に販売し、生成油は、JX 日鉱日石エネルギー株式会社の水島製油所に持ち込み、石油化学原料として、利用され、ASRPP リッチ樹脂由来のバージン相当の PP 樹脂を製造し、日産自動車向け原料として利用することを目指す。

#### (2)自動車以外の分野でのマテリアルリサイクルの可能性

ASR に含まれるプラスチックは、他の廃プラスチックと比較しても物性の高い樹脂を使用しているため、カスケード利用として有効に利用できる材料である。本事業の申請主体である株式会社レノバでは、自動車由来のプラスチックを既に活用し、容器包装プラスチック樹脂とコンパウンドを行い、家電製品部品向け原料として家電メーカーの部品化などにも成功している。

製品用途として、自動車由来のプラスチックの物性が最も高級な原料であることを考えると、軟質系プラスチックが中心の容器包装プラスチック原料 40%程度と自動車由来のプラスチック 60%程度とをコンパウンドすれば、家電製品部品の原料などには適用可能であることも確認されている。

その他用途の日用雑貨製品やプランターなどは、容器包装プラスチック原料の比率を向上させることができ、自動車由来プラスチックの使用量を減らし、マテリアルリサイクルすることが可能であるため、物性向上させる材料として活用価値のある材料として期待できる。

#### 5.4 ASR 高度選別事業の事業化スケジュール

スズクホールディングにて、既存の ASR 破碎事業において、ASR からプラスチックを回収する事業化検討を行い、今後は下記のスケジュールにて推進していく予定である。

なお、油化事業については、2015 年 9 月までにプラントを完成させ、2016 年 4 月から事業を開始することを検討する。

項目	2014年 4～6月	7～9月	10～12月	2015年 1～3月	4～6月	7～9月	10～12月
社内調整、決済	→						
許認可申請		→	→				
プラント工事				→	→		
本格稼働							→

図 5-7 高度選別事業の事業化スケジュール

項目	2014年 4～9月	10～3月	2015年 4～9月	10～3月	2016年 4～9月
社内調整、決済	→				
許認可申請		→	→		
プラント工事			→	→	
本格稼働					→

図 5-8 接触分解方式の油化事業の事業化スケジュール

## まとめ

●ASR からのプラスチック回収を行う高度選別事業については、回収されたプラスチック量に相当する減量インセンティブが ART から得られれば、十分採算が取れる事業であることがわかった。

●ASR から回収された比重分離後のプラスチックは、物性も高く十分、材料リサイクルに向く材料であることがわかった。実証試験における収率 18.4%。

●油化事業の対象としてのプラスチックは、比重分離前のプラスチックは、石油化学プラントでの受け入れには不純物が混入してしまうことが明らかとなったため、事業化段階では、材料リサイクル原料と同様に比重分離後のプラスチックを原料とする必要があることがわかった。

●ASR から回収したプラスチックを油化することについては、有価物としての取引だけだと採算が合わないため、容器包装プラスチックとの混合処理であれば、採算性を確保できる結果となった。

●ASR からプラスチックを回収し、材料リサイクルすることは、ASR 処理に伴う二酸化炭素排出量は、27.8%削減されることがわかった。

●本実証試験で利用した光学選別機は、我が国最大のセンサー精度であり、欧州の最先端レベルであり、これら先端技術を活用した選別が一定の効果があることがわかった。欧州では、光学選別機に比重選別機などの機能を併せて、さらに選別精度を向上させる事例があることから、事業化においては、比重分離機なども併設した事業モデルを検証することが重要であることがわかった。

●高度選別事業が事業化された場合には、自動車原料としての原料供給が安定化することが期待され、再生樹脂を使用した自動車部品化が期待される。また、強度などが要求される部品については、油化原料として油化した生成油を石油化学メーカーに販売し、バージン PP 相当の PP 樹脂を製造できるため、再生樹脂として利用することが期待される。

リサイクル適性 

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。



平成 25 年度自動車リサイクル連携高度化等支援事業

光学選別機を利用した ASR 由来のプラの  
材料リサイクル及び油化事業

調査報告書

調査受託者  
株式会社レノバ

〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-7-2 東京サンケイビル 18F

TEL : 03-3516-6260、FAX : 03-3516-6261

<http://www.renovainc.jp>