廃車シュレッダーダストの資源化システムの開発*

古 賀 愛 紹**・Abel BISSOMBOLO***

秦 正 道****・森 祐 行*****

古 山 隆*****・富 田 修 一*****

Development of a Recycling System of Shredded Automobile Residues

Yoshitsugu KOGA**, Abel BISSOMBOLO***,
Masamichi HATA****, Sukeyuki MORI*****,
Takashi FURUYAMA***** and Shuichi TOMITA*****

1. は じ め に

わが国の自動車産業は戦後の経済成長の牽引車の役割を果たしてきた。その様子を図1に示す。1965年から1990年までは四輪自動車保有台数¹⁾(図1上段)は毎年約200万台の割合で増加していた。新車台数²⁾(図1中段)もオイルショックによって一時的な減少が見られたものの増加の一途を辿り、また、廃車台数(前年の保有台数+当年の新車台数-当年の保有台数)が新車台数と連動して増加していた。しかしながら、バブル経済が崩壊した1990年以降においては、保有台数の増加は徐々に減少し、また、新車台数と廃車台数も減少の傾向を示すようになってきている。新車台数に対する廃車台数の割合である廃車率(図1下段)を見ると、1991年から70%を越え、1998年現在では86.2%となっている。このことは5台の新車が購入されると約4台の車が廃車になることを表している。廃車率は今後も増加することが予想されるため、将来は廃車率100%、つまり、1台の新車が購入されると1台の車が廃車になるという自動車販売市場の飽和状態が起これ、この結果、保有台数、新車台数および廃車台数はほぼ一定になることが予想される。

著者等は、過去に廃車の増加に伴う廃車処理の問題を

予測して、廃車からアルミニウム、銅、鉛、亜鉛等を回収するための新しいシステムを開発し、実用化した³⁾。しかしながら、廃車から有価金属を回収した後に残る廃

図1 わが国における四輪自動車の保有台数・新車台数・廃車台数および廃車率の経年変化

* 平成11年11月11日本会第103回例会において発表

** 九州メタル産業株式会社

*** 九州大学工学部訪問研究員

**** 株式会社エコーテック

***** 九州大学大学院工学研究科地球資源システム工学
専攻教授、助手、院生
平成11年8月6日受理

車シュレッダーダスト（以後、廃車ダストと略）は適切な処理方法が確立されていないために、現在、有害物質の漏洩や処分場の不足といった社会問題が深刻化している。そこで、著者等は有害物質の漏洩に関する問題に対応するために、廃車ダストの安定化について研究を行い、市販のセメントと構造が簡単なドラムミキサーを用いることで廃車ダストの鉛溶出値を規制値（0.3 mg/l）⁴⁾以下に抑制できることを明らかにした³⁾。今回は、処分場の不足に関する問題に対応するために、トロンメルスクリーンと立型ジグザグ空気選別機（以下ジグザグ選別機と略）を用いて、廃車ダスト中に含まれる綿・スポンジ類や軽質プラスチックを回収し、それらを減容機でブリケット化して固形燃料に資源化するシステムの開発を行った。

2. 自動車に使用される原材料の推移

自動車のリサイクリングを考える場合、自動車を構成する原材料を知る必要がある。自動車1台当たりの総重量指数と自動車の原材料の重量指数⁶⁾を図2に示す。1973年の1台当たりの総重量を100とすると、自動車の総重量指数は徐々に増加し、1997年では141.3になっていることから、自動車は年々大型化していると考えられる。総重量指数に連動して普通鋼、特殊鋼等の鉄材も1997年ではそれぞれ73.6、23.9と増加している。また、

図2 自動車に使われた原材料の重量指数
(1973年の1台当たりの総重量を基準値100とする)

非鉄金属ではアルミニウムが1985年以降急速に増加しており、1973年の重量指数が2.8に対して1997年では10.6と約3.6倍になっている。非金属では合成樹脂が年々増加しており、1973年の重量指数が2.9に対して1997年では10.6とアルミニウムと同様に約3.6倍になっている。今後さらに自動車の大型化が進むと、軽量化を図るためにアルミニウムや合成樹脂の重量指数は増加すると思われる。一方、廃車を処理している自動車スクラップ処理工場においては鉄とアルミニウムの体系的な回収は行われているが、合成樹脂などの非金属のリサイクリングはほとんど行われておらず、専ら埋め立て処分されているのが現状である。

3. 実験試料

本研究では、九州メタル産業㈱のシュレッダープラントから通常の廃車処理で供給されたシュレッダーダスト（廃車ダスト①）、および、予め電線の大部分を取り除いた廃車を処理して供給されたシュレッダーダスト（廃車ダスト②）の2種類を使用した。各廃車ダストの重量頻度分布を表1に示す。両者とも類似した分布を示しており、+8 mmの重量割合は65.3%と66.1%であった。表2に各廃車ダスト（+8 mm）の構成物の重量割合を示す。綿・スポンジ類、プラスチック及びゴム等の可燃物の重量割合はそれぞれ91.1%と91.5%であった。なお、廃車ダストをサンプリングしたときにどちらの場合も雨

表1 各廃車ダストの重量頻度分布 (%)

粒径区分	廃車ダスト①	廃車ダスト②
+70mm	5.7	2.2
-70+45mm	6.1	5.4
-45+30mm	6.9	8.7
-30+20mm	8.8	10.7
-20+8mm	37.8	39.1
-8mm	34.7	33.9
計	100.0	100.0

表2 各廃車ダスト（+8 mm）の構成物の重量割合 (%)

構成物	廃車ダスト①	廃車ダスト②
綿・スポンジ類	49.9	40.1
プラスチック	33.3	30.2
ゴム	7.9	21.2
ガラス・小石	0.5	0.3
電線	2.3	2.3
金属	6.1	5.9
計	100.0	100.0

が落ちていたために、水分はそれぞれ約32.1%と22.9%となっていた。

4. 実験装置

廃車ダストの資源化システムのフローシートを図3に示す。今回、廃車ダストから綿・スポンジ類や軽質プラスチックなどの軽質物を回収する作業は九州メタル産業㈱で行い、軽質物を減容機でブリケット化する作業は銚御池鉄工所で行った。以下に各装置の概略を述べる。

4.1 振動グリズリー

振動グリズリーは廃車ダスト中の +150 mm のゴムやプラスチックなどを除去すること、および、塊状のダストをほぐすことを目的として設置した。しかし、廃車ダストの形状が一定でないために、選別精度を上げるために横棒を数本取り付けて網目状に改良した。また、処理能力を上げるために、新たにグリズリーのホッパーの真下にふるいを設け、また、ホッパー下部を切り落として出口を広くし、廃車ダストを排出されやすいように工夫した。

4.2 原料ホッパー

原料ホッパーは処理量 700 Kg/h、給鉱速度 0~1.3 m/min の仕様で給鉱口に解砕パドルを設置していたが、

ホッパー内で生じる廃車ダストの棚吊り現象を防止するために、以下の改良を行った。はじめに、廃車ダストが滑り落ちやすくなるようにホッパー内部の片方の側面にビニールシートを貼り付けた。次に、他方の側面に棚吊り状の廃車ダストを崩すための掻き落とし機を設置した。これらの改良によって、廃車ダストを定常給鉱できるようになった。

4.3 トロンメルスクリーン

当初のトロンメルスクリーンは直径 600 mm、長さ 1085 mm の円筒の中部に孔径 50 mm のスクリーン（総面積 0.8 m²）がついていたもので、回転数は 15 rpm、傾斜は10度に設定していた。しかし、実際に運転を行うと、廃車ダストの多くが団子状の塊となってトロンメル内で廃車ダストの逸走が起こり、トロンメルオーバーサイズ産物（以後、T.O.S 産物と略）の重量割合が多くなった。そこで、当初の孔径を 50 mm から 65 mm に拡大し、また、直径 600 mm、長さ 280 mm、孔径 80 mm のスクリーンを追加した。さらに、トロンメルの内側に4つのしきり板を取り付け、廃車ダストが長く滞留できるようにすると共に、回転数を上昇させて廃車ダストの塊を十分はぐれるような工夫を凝らした。

4.4 振動スクリーン

図3 廃車シュレッダーダストの資源化システムのフローシート

図4 立型ジグザグ空気選別機の模式図

ガラスや土砂等の不燃物を事前に除去するために、表面の平らな打ち抜き鋼（直径 5 mm）の振動スクリーンをジグザグ選別機の前に設置した。これにより、廃車ダストの給鉱量に対して常に約 6 % の割合で不燃物を除去することができるようになった。

4.5 立型ジグザグ空気選別機

立型ジグザグ選別機の模式図を図 4 に示す。選別機の真上からプレートファンによって 70 m³/min の空気が吸い上げられる。トロンメルスクリーンのアンダーサイズ産物（80 mm 以下）はジグザグ空気選別機の上部の側面から振動フィーダで給鉱され、選別機内で上昇する空気の流れによって軽質物と重質物に選別される。これまでの予備実験の結果に基づき、廃車ダストから綿・スポンジ類およびプラスチック（見かけ比重はそれぞれ約 1.2 g/cm³ および約 1.5 g/cm³）を分離できるように選別機内の風速は 12～15 m/sec になるように設定した。なお、プレートファンに近いダクトの内部および選別機の上部と下部の風速を測定した結果、それぞれ 38.0 m/s、および、36.5 m/s、9.4 m/s であった。

4.6 サイクロン集塵機

サイクロン集塵機は直径 680 mm、高さ 2100 mm、処理量 240 kg/h の仕様で、下部に直径 250 mm、幅 300 mm、回転数 0～11 rpm、処理量 200 kg/h のロータリーバルブを設置した。しかし、100 mm 程度の木片がロー

タリーバルブ内に挟まり、ゴム板を破損させてサイクロン内部と大気との気圧差を十分に保つことができなくなった。そこで、ゴムの厚さを 5 mm から 12 mm に変更すると共に、ロータリーバルブにインバーターを取り付けて回転数を 18 rpm まで上げられるような改良を行った。

5. 資源化システムの操業結果

5.1 各産物の重量頻度分布

本システムによって得られた T.O.S 産物、軽質物および重量物の重量頻度分布を表 3 に示す。トロンメルの孔径は 80 mm であるが、廃車ダスト①のトロンメル OS 産物には -70 mm が 23.1% 存在した。その内訳は -70+45 mm が 17.3%，-45+30 mm が 2.6%，-30+20 mm が 0.6%，-20+8 mm が 1.3%，-8 mm が 1.3% であった。これは水分や土砂などによって廃車ダスト同士が団子状の塊になったためである。廃車ダスト②の場合も似たような重量頻度分布を示している。廃車ダスト①の軽質物は -8 mm が最も多く、次に -20+8 mm、-30+20 mm となった。重質物は両廃車ダストとも -20+8 mm が最も多く、次に -8 mm、-30+20 mm となった。

5.2 各産物の構成物の重量割合

各産物の +8 mm の構成物の重量割合を表 4 に示す。

表 3 各産物の重量頻度分布（%）

粒径区分	T.O.S産物		軽質物		重質物	
	廃車ダスト①	廃車ダスト②	廃車ダスト①	廃車ダスト②	廃車ダスト①	廃車ダスト②
+70mm	76.9	57.8	1.0	0.0	1.0	0.3
-70+45mm	17.3	29.5	3.3	1.9	3.6	6.1
-45+30mm	2.6	4.6	6.0	4.1	12.4	14.8
-30+20mm	0.6	1.7	7.4	7.7	13.0	16.3
-20+8mm	1.3	3.5	40.0	49.6	47.2	42.7
-8mm	1.3	2.9	42.3	36.6	22.8	19.8
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表 4 各産物（+8 mm）の構成物の重量割合（%）

構成物	T.O.S産物		軽質物		重質物	
	廃車ダスト①	廃車ダスト②	廃車ダスト①	廃車ダスト②	廃車ダスト①	廃車ダスト②
綿・スポンジ類	28.7	18.4	61.2	72.6	28.8	26.2
プラスチック	21.5	24.9	27.4	22.5	36.0	41.7
ゴム	43.8	53.3	7.0	3.5	14.3	20.1
ガラス・小石	0.0	0.0	0.3	0.1	3.0	1.1
電線	0.9	1.9	1.3	0.6	4.3	4.6
金属	5.1	1.5	2.8	0.7	13.6	6.3
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表5 エプロンフィーダーの周波数と各産物の処理量の関係

エプロン フィーダの周 波数(Hz)	各 産 物								合 計
	軽質物		重質物		T.O.S産物		土 砂		
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	
35	300.0	42.7	210.0	29.9	150.0	21.4	42.0	6.0	702.0
45	495.0	49.2	273.0	27.2	177.0	17.6	60.0	6.0	1005.0
55	531.0	48.8	333.0	30.7	156.0	14.4	66.0	6.1	1086.0
65	720.0	50.8	405.0	28.6	216.0	15.3	75.0	5.3	1416.0
75	786.0	48.0	468.0	28.6	294.0	17.9	90.0	5.5	1638.0
85	969.0	41.7	625.8	26.9	598.2	25.7	133.2	5.7	2326.2
95	990.0	42.1	672.0	28.6	570.0	24.2	120.0	5.1	2352.0

表6 軽質物の出荷量

出荷日	量(t)	
	廃車ダスト①	廃車ダスト②
1998年10月 6日	5.99	
10月12日	8.73	
11月10日	6.98	
11月23日	9.46	
11月30日	7.37	
12月 9日	6.13	
12月18日	6.62	
1999年 1月15日		6.03
2月 1日		7.79
2月15日		6.40
小計	51.28	20.22
総出荷口	71.50	

T.O.S 産物ではゴムの割合が最も多く、廃車ダスト①では43.8%、廃車ダスト②では53.3%となった。軽質物では綿・スポンジ類の割合が最も多く、廃車ダスト①では61.2%、廃車ダスト②では72.6%で、ゴム、金属、電線の混入は少なくなった。なお、軽質物中の金属のほとんどは扁平に潰れた空き缶であった。重質物では両廃車ダストとも似たような構成物の重量割合を示した。

5.3 資源化システムの処理量

廃車ダスト①を用いて本システムを操業した場合のエプロンフィーダーの周波数と各産物の処理量の関係を表5に示す。エプロンフィーダーの周波数を上げると軽質物の重量は増加するが、重量割合を見ると、周波数 65 Hz で最大の50.8%(廃車ダストの給鉱量 1416 kg/h)となり、以後、周波数を上げて重量割合は減少している。

一方、T.O.S 産物の重量割合は周波数を上げると徐々に減少するが、65 Hz を越えると逆に増加している。従って、本システムでは、エプロンフィーダーの周波数を65 Hz に設定して操業することによって効率よく軽質物を生産できると考えられる。

5.4 資源化システムの運転実績

本システムを用いて生産した軽質物の出荷量を表6に示す。1998年10月1日から12月18日までは通常の廃車ダスト①を原料として操業を行い、51.28 t の軽質物を生産した。さらに、1999年1月10日から2月15日までは予め電線を除去された廃車ダスト②を原料として操業を行い、20.22 t の軽質物を生産した。

6. 軽質物ブリケットの分析結果

廃車ダスト①及び廃車ダスト②を原料として生産された軽質物はそれぞれ銚御池鉄工所に送られ、減容機(マルチホーマー MH150: メインモーター 110 kw, ヒーター 12 kw)でブリケット化される。各ブリケットの直径の長さの平均および嵩比重を表7に示す。直径の長さは両者ともほぼ同じであるが、廃車ダスト①のブリケットの方がかなり圧縮されて作られたために嵩密度は大きくになっていた。各ブリケットの分析結果を表8に示す。事前に電線を除去した廃車ダスト②のブリケットは発熱量が高く、また、塩素および銅が低かった。

7. ま と め

近年、廃車シュレッダーダストの不法投棄により有害ガスや土壌汚染の発生がしばしば報じられている。シュレッダーダストは現在管理型処分場で埋立処理すること

表7 各軽質物ブリケットの直径と長さの平均および嵩比重

ブリケット名	直径の平均 (mm)	長さの平均 (mm)	嵩比重 (g/cm ³)
廃車ダスト①	26.2	86.6	1.41
廃車ダスト②	26.2	84.5	1.19

表 8 各軽質物ブリケットの分析結果

項目	単位	廃車ダスト①	廃車ダスト②
発熱量	(Kcal/kg)	4470	5910
可燃分	(%)	60.3	72.65
水分	(%)	1.05	0.52
Cl	(%)	2.19	1.56
Cu	(%)	2.25	1.34
Al	(%)	8.07	1.51
S	(%)	0.19	0.66
Sn	(mg/kg)	260	216
Zn	(%)	0.58	0.57
Pb	(%)	0.62	0.17
P	(%)	0.05	0.09

が義務付けられているが、処分場が不足していることから、シュレッダーダストを資源化する必要に迫られている。本研究では、立型ジグザグ空気選別機を用いた廃車シュレッダーダストを開発した。これにより綿・スポンジ類やプラスチック等の軽質物を選別回収し、それらをブリケット化して固形燃料にすることができた。今後は、軽質物以外のゴム、重質プラスチック、金属類、電線および土砂の資源化についても検討を行い、廃自動車の完全なリサイクルシステムの確立を行う予定である。

謝 辞

当システムの運転およびデータ整理にご協力いただいた1998年度九州大学工学部資源工学科学生、松浦敬臣氏に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 自動車工業会：1998日本の自動車工業，p. 12-13 (1999)
- 2) 自動車工業会：1998日本の自動車工業，p. 8-9 (1999)
- 3) 森 祐行他：資源処理技術，Vol. 44, No. , p. 1-4 (1997)
- 4) 日本環境衛生センター：新廃棄物法令集 p. 261 (1997)
- 5) 森 祐行他：資源処理技術，Vol. 46, No. 1, p. 9-12 (1999)
- 6) 自動車工業会：1998日本の自動車工業，p. 52 (1999)