

熱媒浴法によるシュレッダーダストリサイクル

A New Recycling of ASR (Automobile Shredder Residue) with “Thermo-bath Process”

上野 一郎 環境ソリューションセンター 統括スタッフ
脇元 一政 環境ソリューションセンター 事業開発グループマネージャー
岡田 敏彦 総合材料技術研究所 製鉄研究部 主査
浅沼 稔 総合材料技術研究所 製鉄研究部 主任研究員
広羽 弘行 総合材料技術研究所 製鉄研究部 主任研究員
有山 達郎 総合材料技術研究所 製鉄研究部 部長

Ichiro Ueno
Kazumasa Wakimoto
Toshihiko Okada
Minoru Asanuma
Hiroyuki Hiroha
Tatsuro Ariyama

使用済み自動車のリサイクルの過程で排出されるシュレッダーダスト (ASR) 中のプラスチックと金属類を効率的に分離可能な「熱媒浴 (サーモバス) 法」を開発した。ASR は現状大部分埋立処理されているが、本方法により高効率でリサイクル可能となる。ASR はコールタル系の熱媒油中でプラスチック主体の浮上物と金属主体の沈降物に比重分離される。浮上物は銅、塩素が除去され、高炉原料化が可能となる。一方、沈降物は金属が濃化され、再資源化可能である。本稿では、実証試験を中心に本プロセスを検証した結果について紹介する。

ASR (Automobile Shredder Residue) is an unavoidable by-product in the recycling of ELV (End of Life Vehicle). A new recycling of ASR with “Thermo-bath Process” has been developed, in which ASR is put in coal-tar based oil and is separated by gravity into plastic floats and metal sinks. The floats composed of plastics free from copper and less of chlorine is suitable for reducing agent in blast furnace, and the sinks containing high contents of metals can be used for raw material in smelting. Furthermore, the demonstration test shows the separation of ASR into floats and sinks can be also achieved in a pilot plant scale.

1. はじめに

我が国では、使用済み自動車 (ELV: End of Life Vehicle 以下、ELV と略記する) の約 75~80% を部品やスクラップとしてすでにリサイクルする技術が確立されているが、ELV をシュレッダー処理する際に回収されるシュレッダーダスト (以下、ASR と略記する) はプラスチック、金属類、ガラスなど多種類の材料から構成され、これらの分離回収利用が困難なため、その大部分が埋立処分されている。しかしながら近年、埋立処分場の逼迫、処理費の高騰が社会問題化しており、埋立処分にかわる効率的なリサイクル技術が求められている¹⁾⁻²⁾。

当社は、製鉄所で副生するコールタルをベースとした熱媒を利用して ASR からプラスチック、鉄、非鉄金属を分離・リサイクル可能な「熱媒浴 (サーモバス) 法」というプロセスを開発した。本方法は、熱安定性に優れ、プラスチックとの相溶性が少なく、かつ適切な比重を持つ熱媒を用いることにより、プラスチック類と金属類の比重分離と塩ビ樹脂の脱塩素が低温・短時間で達成可能なプロセスであり、本方法と使用済みプラスチックの高炉原料化技術³⁾⁻⁵⁾を組み合わせることにより、高効率の ASR リサイクルが可能となる (Fig.1)。本稿では、実証試験を中心にサー

モバスプロセスを検証した結果について紹介し、サーモバスとプラスチック高炉原料化技術と組み合わせた ELV リサイクルシステムについても紹介する。

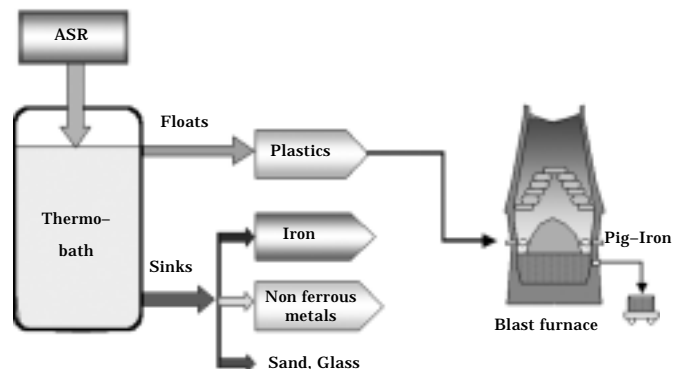


Fig.1 Schematic flow of ASR recycling with “Thermo-bath Process”

2. ASR リサイクルの現状

Fig.2 に我が国の ELV の処理フローを示す。ASR は部品などを回収された ELV のガラから鉄や非鉄金属を回収する際に発生し、その量は ELV に対して 20~25% 重量である。そのほぼ全量が埋立処分されているので、ELV リサイクル率は現状 75~80% に留まっている。

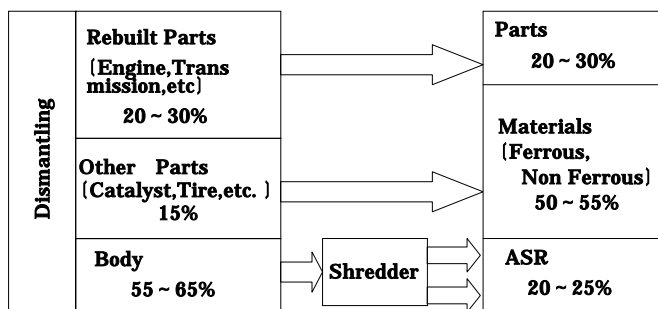


Fig.2 Process treatment for recycling ELVs

我が国における ELV および ASR の発生量は年間約 500 万台, 80 万トン程度である^{6),7)}。EU 加盟国全体の ELV 発生量が 800 ~ 900 万台である⁸⁾ことを考慮すると, この発生量は極めて膨大である。Fig.3 に ASR の構成材料の一例を示す⁹⁾。ASR 中のプラスチックは重量比で 27% であるが, 体積比で見ると全体の約半分, 53% を占めている。

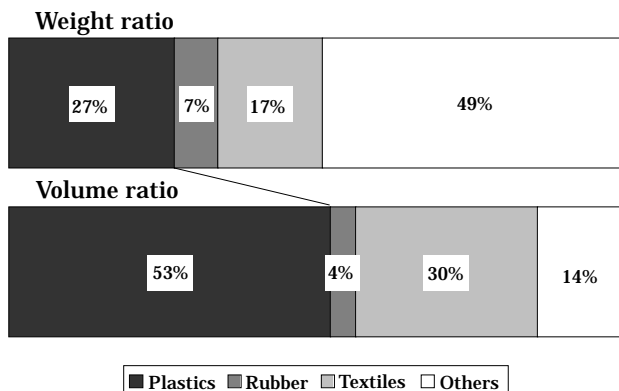


Fig.3 Material components of ASR

Table 1 に乗用車におけるプラスチック原料構成比を示す。自動車の約 7.5% (重量比) がプラスチック部品で構成されている¹⁰⁾。プラスチックの中では, ポリプロピレン樹脂 (PP), 塩化ビニル樹脂 (PVC), ポリウレタン樹脂 (PUR) の順で構成比率が高い。この中で, PVC は被覆銅線の被覆材などに利用されており, ASR 中に 2 ~ 3% 程度の塩素を含有する。

Table 1 Contents of plastics in automobile

Plastics	Weight % / automobile
Phenol formaldehyde resin	0.1
Polyurethane (PUR)	0.9
Polyvinyl chloride (PVC)	1.1
Polyethylene (PE)	0.4
Polypropylene (PP)	2.8
ABS resin	0.6
Others	1.6
SUM	7.5

Photo 1 に ASR の外観写真を示す。ASR は数ミリのガラスの小片から 200 ミリ以上の PUR などが見受けられ, その粒度分布は極めて広い。さらに, PUR や繊維屑には微細な銅細線が混入しており, これらが ASR の分別, リサイクルする上で阻害因子となっている。



Photo 1 Outlook of ASR

3. 熱媒浴 (サーモバス) プロセスの概要

Fig.4 にサーモバス実証試験設備の構成を Photo 2 に実証試験設備の全景写真を示す。

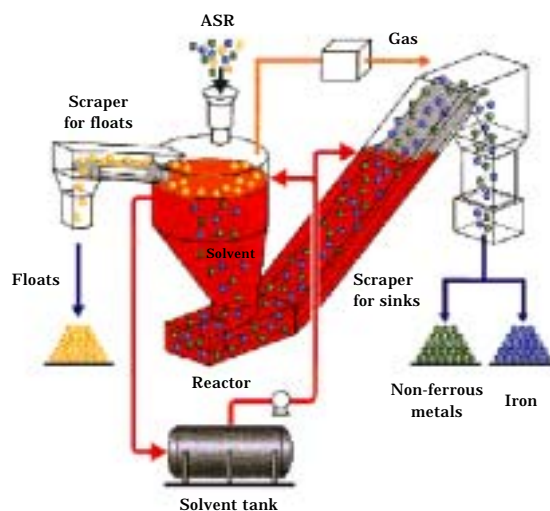


Fig.4 Pilot plant of "Thermo-bath Process"



Photo 2 Outlook of pilot plant

実証試験設備は年間 1200 トンの ASR を処理する能力を有する。溶解分離槽と熱媒循環槽にはコールドールをベースとした熱媒が充填，ポンプにより循環されており，約 300 に維持される。投入された ASR は溶解分離槽において急速に昇温され，熱媒（比重 = 約 1.2）より比重の小さいプラスチック類と比重の大きい金属類とに分離される。その際，PVC は熱分解・脱塩素，PUR は熱分解・減容化されるが，PP，PE など他の大部分のプラスチックは分解せずに分離される（Fig.5）。分離されたプラスチック類は熱媒油表面より，金属類は溶解分離槽下部より機械的に掻き出され，回収される。回収したプラスチック類は高炉で石炭・コークス代替としてマテリアル（ケミカル）リサイクルできる。一方，回収した鉄，銅，アルミなどの金属類は磁力選別などの既存技術で選別し，製鉄原料，非鉄原料としてマテリアルリサイクルできる。すなわち，本プロセスにより ASR の大部分をマテリアルリサイクルできることになる。以下に本プロセスの特徴をまとめた。

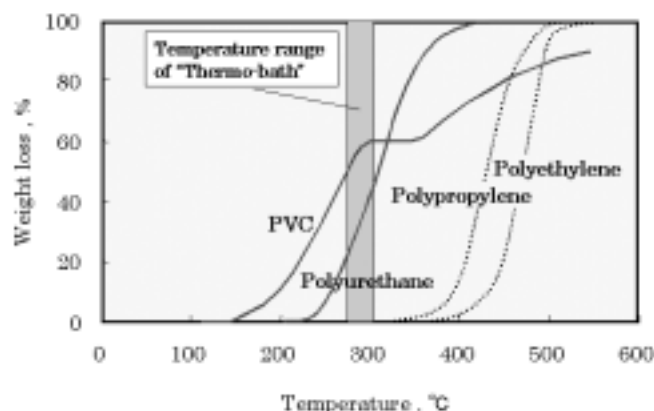


Fig.5 Decomposition behavior of plastics

(1) 高速処理

液相中での処理はガス化や乾留法などに比べ，熱容量が大きく，伝熱速度が一桁以上高いため，本プロセスでは ASR 中のプラスチック類を短時間で分離，脱塩素が可能である。

(2) 高リサイクル率

低温処理のために選択的な熱処理が可能であり，ポリオレフィンなどの過分解を抑制する。このため，ASR 中のプラスチックは分離回収後に高炉にて効率的にリサイクルされる。また，沈降物中に有害金属が濃縮されるため，これらの回収・再資源化も可能である。

(3) シンプルな設備・プロセス

ASR は熱媒浴中でプラスチック類と金属類に比重分離される。さらに，プラスチック類に含有する塩ビ樹脂の脱塩素も同時に達成されるので設備・プロセスが非常にシンプルである。

4. 熱媒浴プロセスの検証と ELV リサイクル

ピーカー試験および実証試験によりサーモバスプロセスの性能評価および高炉原料化技術とのトータルシステムの検証を行った。

(1) 熱媒油の特徴

熱媒油コールドール系のピッチと重油を 2 : 1 の比率でブレンドしたものを使用した。熱媒油は比重が約 1.2，軟化点は約 100 である。常温で固体としてハンドリングが可能であり，熱媒浴（サーモバス）で分離したプラスチックや金属類の粉碎，開砕処理が容易である。また，温度 280 で粘度は 50cP 以下となる。

(2) 熱媒浴中におけるプラスチックの挙動¹¹⁾

プラスチックの中でも自動車の主要な構成材である PUR，PP，PE，PVC の熱媒中における挙動を調べるため，温度 280 に加熱したシリコン油（比重 1.11）中でのプラスチックの状態を直接観察した。Photo 3 に PP，PVC および PUR のシリコン油中における観察写真を示す。

	Sample	In silicon oil
PP		
PVC		
PUR		

Photo 3 Behavior of plastics in silicon oil (280)

PP，PE はシリコン油中で軟化溶解し，シリコン油表面に浮上した。PVC はシリコン油中で膨張，ガスを放出，発泡し，やがて浮上した。シリコン油中で熱分解，脱塩化水素反応により発泡し，シリコン油よりも比重が小さくなり浮上したものと推定される。一方，PUR はシリコン油中では減容化を確認できなかったものの，Photo 4 に示すように，コールドール系の熱媒中（280 ）では 10 秒で減容化し，5 分でチャー化（粒状化）した。コールドール系熱媒中で PUR は急速に減容化し，PUR に絡まった微細銅線などとの分離が容易になるものと期待される。



Photo 4 Behavior of PUR in coal tar based oil (280 °C)

(3) 分離性能

ASR を実証試験設備により 280 °C、15~20 分の条件で処理したときの物質収支および回収物の性状を Fig.6 に、回収物の外観を Photo 5 に示す。

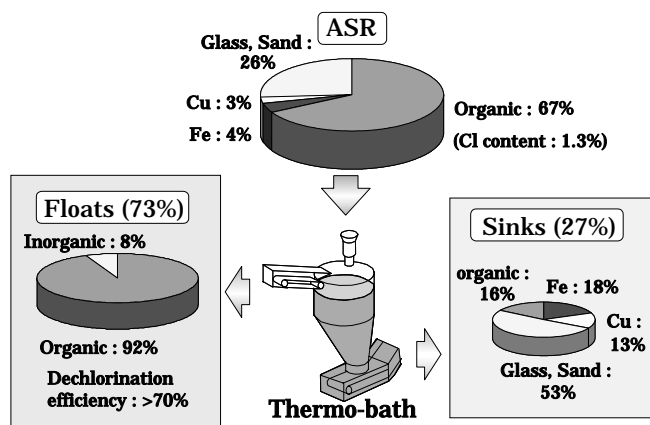


Fig.6 Material balance and properties of products

ASR をプラスチック主体の浮上物と金属類主体の沈降物に分離できることが確認された。特に高熱のために ASR の機械的分離を困難にしているウレタン樹脂は速やかに減容化し、被覆銅線は樹脂と銅線が分離しておのおの浮上物と沈降物として回収された。回収されたプラスチック主体の浮上物は有機物を主成分とし、溶銑を汚染する銅は 0.01%以下であり、かつ無機物はわずか 8%であった。一方、沈降物は鉄、銅、アルミの合計が 53%と濃縮した組成であった。



Photo 5 Products from "Thermo-bath Process"

(4) 脱塩素性能

Fig.7 にラボ試験における熱媒浴法と気相法の脱塩素性能を比較した。熱媒浴法は気相法と比較して、短時間で高い脱塩素性能を示した。これは前述したように、熱媒浴法は気相法と比較し、熱媒の伝熱速度が高く、熱容量が大きいためと推定される。実証試験においても短時間で高い脱塩素率を達成できることを確認した。

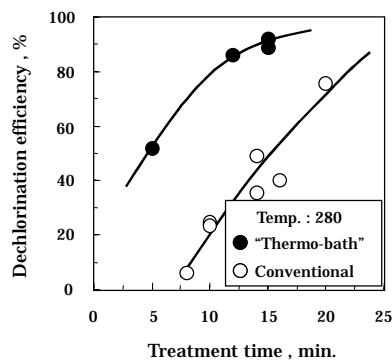


Fig.7 Dechlorination behavior of "Thermo-bath Process"

(5) 回収プラスチックの高炉原料評価

使用済みプラスチックの高炉原料化技術は資源有効利用率が 80%と、他のリサイクル技術(たとえば、ガス化発電)と比較して著しく高く、マテリアル(ケミカル)リサイクルとして位置付けられている³⁾⁻⁵⁾。

熱媒浴(サーモバス)処理により得られた回収プラスチックについて、高炉原料としての適性評価を行った。回収プラスチックは使用済みプラスチックと同様な燃焼・ガス化挙動を示した。さらに、実炉による評価では搬送性、高

炉吹き込み性能とも使用済みプラスチックと同等の性能を示し、高炉原料としてマテリアル(ケミカル)リサイクル可能なことを確認した。

(6) 回収金属の分別・リサイクル

回収物から磁力選別、非鉄選別法により、容易に鉄と非鉄が回収できることを確認し、おのおの製鉄原料、非鉄原料としてマテリアルリサイクルできる目途を得た。

(7) ELV リサイクル率

Fig.2 に示したように我が国における現状の ELV リサイクル率は現状 75 ~ 80% である。

Fig.8 に、本試験結果を基に試算した ELV のリサイクル率を示す。その結果、リサイクル率は約 96% を越え、本 ASR リサイクル技術によれば、通産省が 1997 年に策定した使用済み自動車のリサイクル・イニシアチブの 2015 年目標値をクリアすることが可能である。

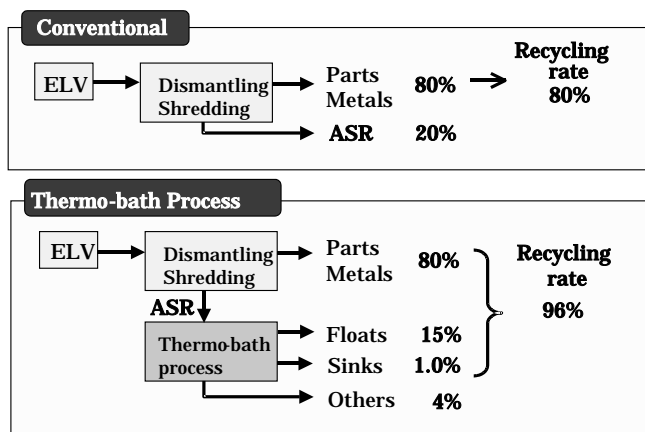


Fig.8 Recycle ratio of ELV with "Thermo-bath Process"

5. 今後の展開

2004 年には「自動車リサイクル法」が施行される予定である。欧州においてはすでに EU 規制法が発効されているが、ASR はその処理の困難さから現状の処理技術では信頼性、経済性、リサイクル率に課題が多く、2015 年の 95% リサイクル率達成は困難との見解が多い¹⁾。

今回紹介したサーモバスプロセスと高炉原料化技術を組み合わせた ASR リサイクルシステムは 95% 以上の高いリサイクル率が達成可能であり、その大部分がマテリアルリサイクルとして位置付けられる。EU ではサーマルリサイクルの上限値を ELV 全体の 10% 以下に規制する方向で検討が進んでおり²⁾、本技術は日本のみならず世界標準のリサイクル技術として期待される。

参考文献

- 1) "International Automobile Recycling Congress". Geneva, March 5-7,(2001).
- 2) 経済産業省. 産業構造審議会報告. (2000.12).
- 3) 浅沼ほか. 日本エネルギー学会誌. 77-5, p.423(1998).
- 4) (社)日本化学工業会. "一般系使用済みプラスチック高炉原料化モデルリサイクル研究調査". (1997-3).
- 5) (社)日本化学工業会. "一般廃棄物中のプラスチック類の高炉原料化技術実施報告書". (1998-3).
- 6) 「シュレッダーダスト処理・リサイクルの技術開発動向」4, エヌ・ティーエス(1997).
- 7) 野沢旭. 自動車技術会シンポジウム前刷集. No.13-01, p.25, 2001.
- 8) 沼尻到. 自動車技術会シンポジウム前刷集. No.13-01, p.9, 2001.
- 9) 大庭ほか. 自動車技術. Vol.51, No.7, p.28(1997).
- 10) 天谷. 自動車技術. Vol.55, No.3, p.76(2001).
- 11) 上野ほか. 第 10 回日本エネルギー学会大会講演要旨集. p.415, (2001).

<問い合わせ先>

環境ソリューションセンター

Tel. 03 (3214) 3141 亀崎 俊一

E-mail address : Shunichi_Kamezaki@ntsgw.tokyo.nkk.co.jp