

# コールタール熱媒浴法によるシュレッダーダスト 処理技術の開発

上野 一郎\*・浅沼 稔\*<sup>2</sup>・広羽 弘行\*<sup>2</sup>・岡田 敏彦\*<sup>2</sup>・有山 達郎\*<sup>2</sup>・脇元 一政\*

Development of the Recycling Process of Automobile Shredder Residue by Coal-tar Based Oil Bath Treatment

Ichiro UENO, Minoru ASANUMA, Hiroyuki HIROHA, Toshihiko OKADA, Tatsuro ARIYAMA and Kazumasa WAKIMOTO

**Synopsis :** An automobile shredder residue (ASR) is an unavoidable by-product in the recycling of end-of-life vehicle (ELV). A new recycling process of ASR has been developed, in which ASR is put in coal-tar based oil and is separated by gravity into plastic floats and metal sediments. The fundamental experiments and bench scale test were carried out so as to confirm the separation behavior of ASR. The decomposition of polyurethane and dechlorination of polyvinyl chloride included in ASR proceeded rapidly under the conditions of 280 °C and 15 min in coal-tar based oil, compared with in a gas phase owing to a large heat capacity and a high thermal conductivity of the liquid solvent. From the operation results of 1200 t/y pilot plant, the floats of 73% and sediments of 27% from ASR were recovered during 50 hours continuous operation. The floats composed of plastics free from copper and less of chlorine is suitable for reducing agent in blast furnace, and the sediments containing high contents of metals can be used for raw material in smelting. On the basis of above results, it is concluded that the ELV recycling of 95% or more can be achieved by using the proposal process.

**Key words:** shredder residue; recycling; end-of-life vehicle; ironmaking; coal-tar.

## 1. 緒言

現在、循環型社会を目指しさまざまなリサイクル技術が開発されつつある。鉄鋼業では高炉の羽口吹込みによる廃プラスチックの還元剤利用<sup>1)</sup>、コークス炉での原料化技術<sup>2)</sup>が実用化されている。このように廃プラスチックに代表される単体の廃棄物に関してはリサイクル技術の開発が急速に進展している。しかしながら、金属、プラスチック類から成る複合系の廃棄物である使用済み自動車(ELV: End of Life Vehicle 以下 ELV)を処理する際に発生するシュレッダーダスト(Automobile Shredder Residue, 以下 ASR)に関しては、分離選別が極めて困難であることから、その大部分が埋立て処分されている<sup>3)</sup>。現在発生している ELV は年間 500 万台、ASR 発生量は 80 万 t/年と見積もられており<sup>4)</sup>、埋立て処分場の切迫およびそれに関わる環境上の問題などから高効率で環境負荷の少ないリサイクル技術が求められている。このような背景を受け、自動車リサイクルに関する法案が 2004 年には施行される予定であり、日本自動車工業会では現状の自動車リサイクル率 80% を 2015 年には 95% まで引き上げることを目標としている<sup>5)</sup>。

従来から試みられている ASR のリサイクル技術は機械的な分離と気相中での乾留法<sup>6,7)</sup>、ガス化溶解法<sup>8)</sup>に大別される。前者に関しては ASR に多く含有されるウレタン類や繊維が金属類と複雑に絡み合っただけで分離が阻害されるため、高いリサイクル率達成は困難である<sup>9)</sup>。後者の乾留法、

ガス化溶解炉は ASR 中に塩素を 2~3% 含有することなどから多大なガス処理設備を必要とする。また基本的にサーマルリサイクルであり ASR に含まれる有価物のマテリアルリサイクルとは言いがたく、高いリサイクル率達成へ向けての課題も多い<sup>10)</sup>。

筆者らは従来の気相中処理と異なり、密閉系で急速伝熱が期待できる熱媒浴法を考案、開発した。製鉄所で副生するコールタールをベースとした熱媒中で ASR からプラスチック、鉄、非鉄金属を高速分離し、それらをリサイクル可能とする方法であり、本技術に類似する報告は見当たらない。本プロセスは、熱安定性に優れ、プラスチックとの相溶性が少なく、かつ適切な比重をもつ熱媒を用いることで、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る。また、本法と廃プラスチックの高炉原料化技術を組み合わせ、高効率の ASR リサイクルが可能となる。本稿では熱媒浴プロセスの基礎実験、ベンチスケール実験および、パイロットプラントによるスケールアップ実験による本技術の検証、またプラスチック高炉原料化技術と合わせた ASR のリサイクル技術について述べる。

## 2. ASR の性状と熱媒浴法の特徴

### 2.1 ASR の性状

ASR は廃車から部品などを分離した後、回収された ELV

の車体殻を破断処理して鉄類を回収する際に発生し、その量はELVに対して20~25 mass%である。Fig. 1にASRの構成材料の一例を示す<sup>1)</sup>。ASR中のプラスチックは重量比では27%であるが、体積比では全体の53%を占める。さらにプラスチック中の樹脂構成比率は、ポリプロピレン樹脂(PP)、塩ビ樹脂(PVC)、ポリウレタン樹脂(PUR)の順となっている。PVCは被覆銅線の被覆材などに利用されており、結果としてASRは約2~3 mass%の塩素を含有する。また、ASR中には数mmのガラスの小片から200mm以上のPURが存在し、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の機械的分別の阻害因子となっている。

2.2 熱媒浴法の特徴

ASRに含有されるプラスチック類の熱重量分析結果をFig. 2に示す。ASR中でプラスチック類と金属等無機物の分離を困難にしているPURは300°Cで約50%が分解し、PVCは280~300°Cで脱塩素反応が完了する。一方、オレフィン系樹脂であるPPなどは300°C以上で分解を開始する。したがって、処理温度を270°Cから300°Cの範囲に設定することにより、他の樹脂類の過分解を防ぎ、後工程の高炉で石炭、コークス代替還元剤などの利用を優位にしたままりサイクルできる。

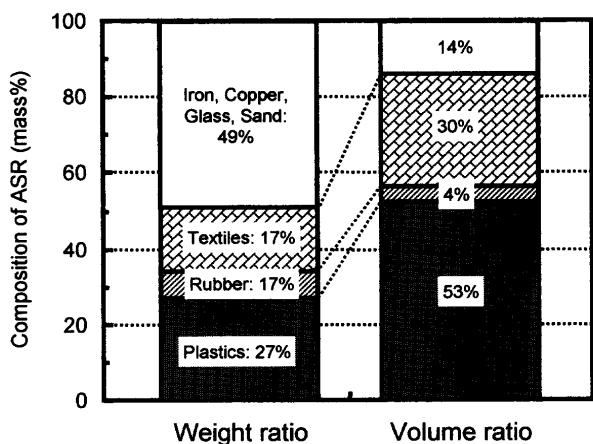


Fig. 1. Material components of ASR.

Fig. 3に熱媒浴法の基本プロセスフローを示す。本プロセスは高速処理、ガス処理系の簡素化、上述のような選択的な温度制御の観点から液相中処理を施すものである。従来のガス化や乾留法などの気相処理に比べ空間あたりの熱容量が大きく、伝熱速度が高いため温度変動は少なく、その制御も容易であり、短時間でかつ選択的なASR中プラスチック類の分離、脱塩素が可能である。また、PURが分解することにより、金属類は絡み合っていたプラスチック類から解放され、速やかに沈降する。熱媒としてコールタール系のものを用いることにより、芳香族系のタールはオレフィン系樹脂に対して可溶性が少なく、残りの樹脂を未溶解、未分解のまま浮上回収できる。沈降物中に回収された鉄、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・非鉄原料としてマテリアルリサイクルできると考えられる。

3. 基礎実験ならびにベンチスケール実験による検証

3.1 基礎実験による処理条件の事前検討

本プロセスの処理条件を決める上でPURの分解ならびに電線などに用いられているPVCの処理速度が重要とな

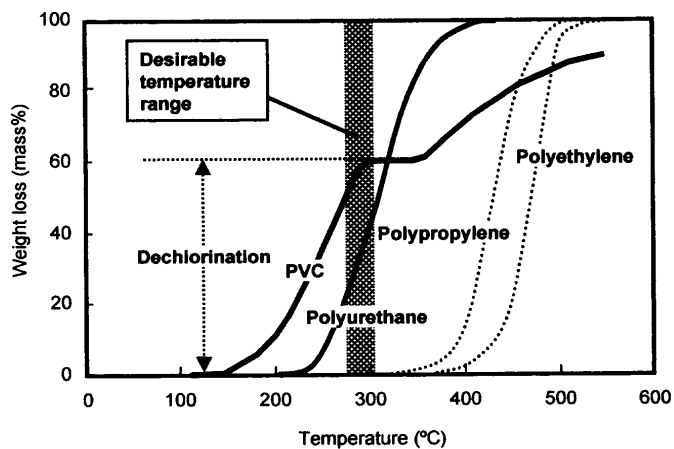


Fig. 2. Decomposition behavior of various plastics.

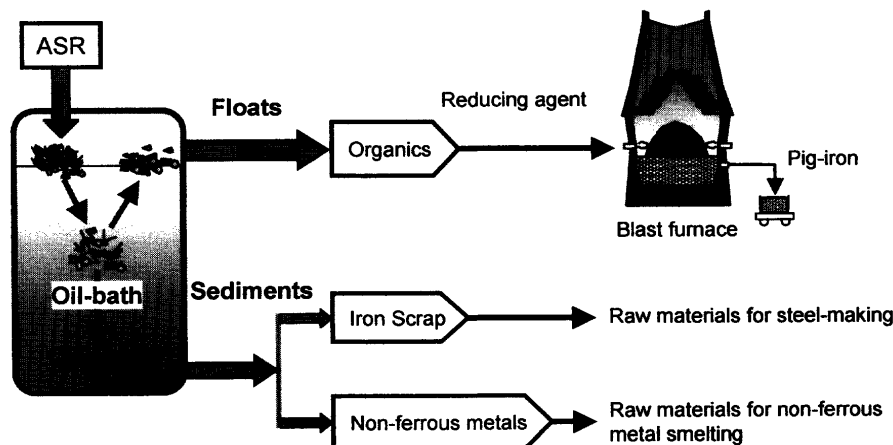


Fig. 3. Schematic flow of ASR recycling with coal tar based oil.

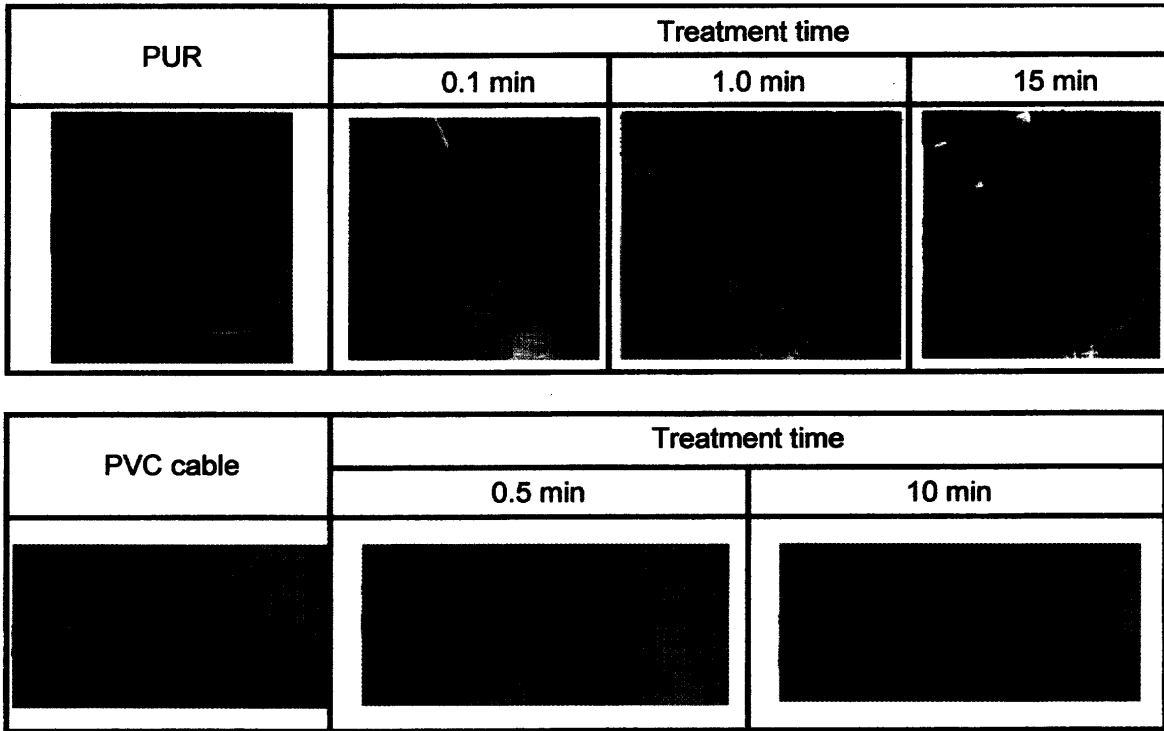


Fig. 4. Decomposition behavior of PVC cable and PUR in heavy oil at 280°C.

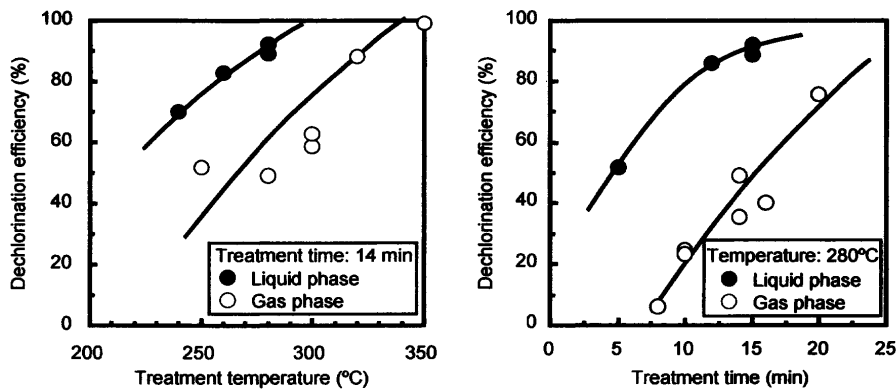


Fig. 5. Relationship between reaction conditions and dechlorination efficiency on gas phase and liquid phase PVC dechlorination.

る。そこで、ラボスケールによる熱媒中でのPUR、PVC処理実験を行った。熱媒としてはPE、PPより比重が大きくなるようにコールドタル系のピッチ(H/Cモル比：0.56)と重油(H/Cモル比：0.64)を2:1の比率で混合したものを使用した(比重：約1.2)。試験はセパラブルフラスコ(内容積：1000 ml)に熱媒を入れて280°Cに間接加熱し、その中にPUR塊(一辺50 mm)を浸漬して行った。所定時間経過後、試料を取り出し外観を観察してその分解特性を評価した。なお、浸漬中のPURの浮上・流動を防止するために金網内にPURを固定した。また、熱媒浴内温度を均一に保つために攪拌羽根により熱媒を100 rpmで攪拌した。さらに、PVC被覆電線を試料として同様な実験を行った。結果をFig. 4に示す。PURは投入直後から形態が変化する。1分経過後には大きく収縮するまでに速やかに分解し、15分後には、大部分が消失した。一方、PVC被覆電線は浸

漬直後0.5分で脱塩素反応が認められ、10分経過後には銅線の被覆は脱離し、試料はほぼ銅線のみ状態となった。

また、本プロセスで浮上回収されたプラスチック成分を高炉還元剤として利用する場合には、PVC被覆電線の脱塩素率が重要である。Fig. 5に、処理条件を変更したときの熱媒中でのPVC脱塩素試験結果を示す。同図には比較のために気相での脱塩素試験結果も示す。気相試験は所定温度に加熱した電気炉内に塩ビ樹脂(0.5~2.0 mm)が充填されている石英製反応管(内径20 mm)を瞬時にセットして実施した。なお、塩ビ粒子の局部過熱防止および凝集防止のために、窒素(0.7 Nl/min)を反応管下部より通気した。熱媒中でのPVC脱塩素反応は気相での結果に比べ極めて速く、低温かつ短時間に高脱塩素率を達成した。そこで、基礎試験条件での熱媒浴および気相における伝熱係数をRanzらの式により算出した<sup>12)</sup>。ただし、試験材は1 mm球、

脱塩素などの反応がないと仮定した。また、本試験で用いた熱媒は単一成分ではなく混合物であるため、それに類似した合成熱媒(Diphenyl-Terphenylen)の物性を使用した<sup>13)</sup>。気相での試験材球外面の平均伝熱係数は580 kJ/(m<sup>2</sup>h°C)であるのに対し、熱媒浴では2450 kJ/(m<sup>2</sup>h°C)と算出された。この結果からもガス化や乾留法などの気相処理に比べ熱媒浴法では空間あたりの熱容量が大きく、伝熱速度が高いためと考えられる。さらに、熱媒中ではPVCの脱塩素が進むだけでなく、残留するチャーも組織強度を失って容易に脱落し、被覆電線などは銅のみとして回収できる。これは熱媒処理の大きな特徴となりうる。

3.2 ベンチスケール実験装置および実験方法

Fig. 6に本プロセスの検証に用いたベンチスケール実験装置を示す。本装置はASR供給系、縦型反応器、熱媒を加熱する熱媒タンク、浮上物と熱媒を分離する振動篩から構成される。反応器および熱媒タンクは電気加熱で所定の温度に維持され、熱媒は熱媒タンクから反応器下部に循環供給される。浮上物は縦型反応器の堰から熱媒のオーバーフローとともに連続的に排出され、振動篩で熱媒と固液分離後、回収される。分離された熱媒は熱媒タンクに戻される。沈降物は反応器下部に設けられた金網製かごに捕捉され、実験終了後に熱媒上に引き上げた後、回収される。本実験装置では約5時間の連続運転が可能であり、試験終了後に沈降物を回収し分析を行った。

ASR 試料としては 15 mm 以下に篩い分けしたものをを用

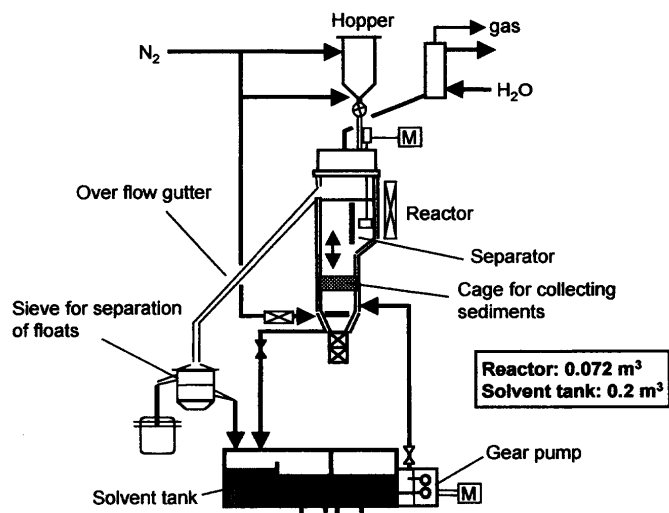


Fig. 6. Flow of bench scale apparatus.

Table 1. Operation condition in bench scale test.

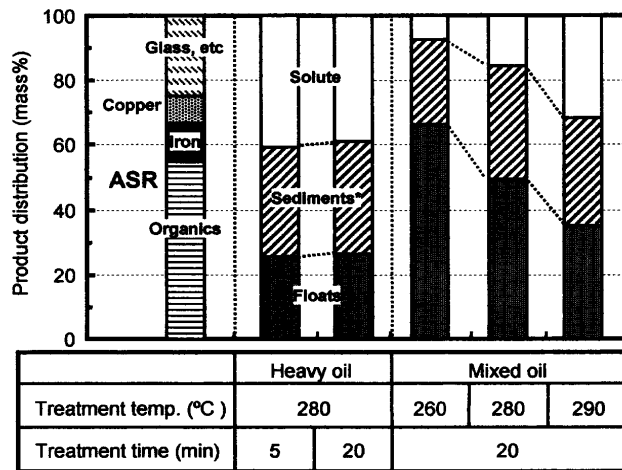
|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| Feed rate of ASR            | 1 - 4 kg/h (<15mm)   |
| Solvent                     | Heavy oil, Mixed oil |
| Feed rate of solvent        | 10 - 50 kg/h         |
| Temperature                 | 260 - 290 °C         |
| Residence time              | 5 - 20 min           |
| Flow rate of N <sub>2</sub> | 0.5 - 1.5 NL/h       |

い、熱媒としてはコールタル系の重油およびピッチと重油を2:1の比率で混合したもの2種類を使用した。重油およびピッチと重油混合熱媒の比重はそれぞれ、約1.1, 約1.2である。この比重設定により比重が約1.0のプラスチック類の浮上分離は容易になる。なお、いずれの熱媒も粘度は温度280°Cで50 mPa·s以下であり、プロセス内で循環使用する上で支障がない。さらにピッチと重油の混合熱媒は常温で固体(軟化点: 約100°C)として、ハンドリングが可能であり、熱媒と分離したプラスチックや金属類の粉碎、解砕処理が容易となる特徴を有する。なお、処理温度は280°Cを中心に設定、滞留時間は熱媒流量で制御した。Table 1に実験条件を示す。また、窒素を反応器下部から吹込み、系内を非酸化性雰囲気にした。

3.3 ベンチスケール実験結果および考察

基礎試験結果から、熱媒中でASRを280°Cで10分間処理すると、PUR, PVCが分解し、塩素や金属などが除去された有機物から成る浮上物と鉄や銅などの有価金属が濃縮された沈降物に分離できることが予測される。そこで、熱媒の種類、滞留時間および処理温度の影響に注目した。なお、滞留時間は滞留量とASR供給量の比として求めた。

Fig. 7に各処理条件と浮上物と沈降物の回収比率との関係を示す。熱媒の影響に関しては、浮上物の比率が重油と混合熱媒とで異なる。前者の場合、浮上物比率が少ない。これは、混合油に比較して重油はH/Cモル比が高く、全炭素に占める芳香環炭素の割合が低いためにオレフィン系樹脂に対する溶解度が高くなったためと考えられる。また、設備制約上試験に使用したASRは15mm以下に篩い分けしたものであり、ASRの細粒の粒子を反応器下部に設けられた金網製かごで十分に回収できなかったものと推察される。滞留時間は5分、20分と変化させたが、大きな差異はない。Fig. 6のPURの分解挙動を考慮すると、滞留時間が5分以上であればPURの分解割合が高く、金属類の絡み



\* Sediments: Iron, Copper, Glass, etc.

Fig. 7. Experimental results on separation efficiency of ASR by bench scale test.

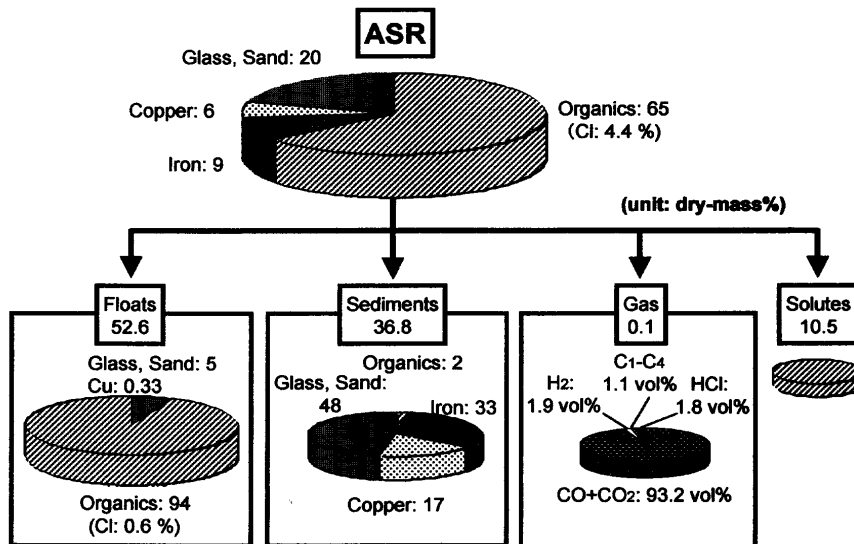


Fig. 8. Material balance in treatment of ASR by bench scale test at 280°C for 15 min.

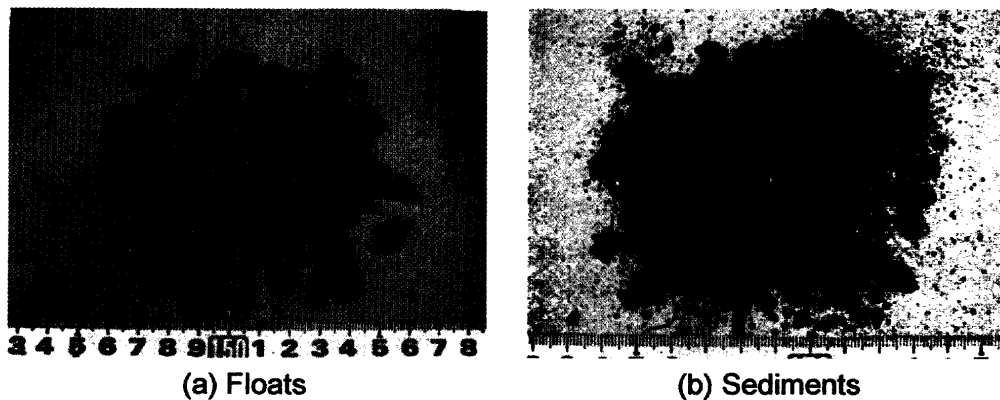


Fig. 9. Feature of floats and sediments obtained from bench scale experiment.

は解消されると推測される。次に、処理温度が280°Cより低い場合は浮上物の回収率が見かけ上増加する傾向にあることがわかる。この低温処理した場合の浮上物回収率はASRに含まれる有機物よりも高く、これは金属類との分離が不十分であるためと考えられる。実際に浮上物中に金属類が観察された。一方、290°Cと高温の場合はプラスチックの分解が進行するため、浮上物の回収率が低いものと考えられる。

Fig. 8に、混合熱媒を用いて滞留時間15分、280°Cの処理条件で回収された浮上物と沈降物の比率とその構成を示す。また、Fig. 9は回収物の外観写真である。浮上物は94 mass%が樹脂由来の有機物である。砂などの無機物は極めて少ない。沈降物は鉄、銅、砂、ガラス類から構成される。沈降物中の銅は基礎実験結果と同様に被覆が除去された状態で回収された。また、浮上物中の塩素含有量は0.6%であり、ASRに含まれる塩素の約80%が除去されていた。浮上物中の銅含有量も低いことから、本処理で得られる浮上物は高炉用還元剤として利用できることがわかる。また、発生ガスはASRあたり0.1 mass%程度と少なく、その主成

分はPUR分解に起因すると考えられるCO<sub>2</sub>やCOである。プラスチックの分解に由来するメタンなどの有機ガスの含有量は少なく、塩ビ樹脂の脱塩素過程で懸念されるダイオキシンなどの発生も皆無であることが確認された。

以上の結果から、熱媒としては常温でのハンドリングおよび沈降物に付着した熱媒との分離を考慮して混合熱媒が適し、処理条件としては280°Cの温度で滞留時間5分以上がASRの分離に適することが明らかとなった。例えば、従来の乾留法では処理時間に1~2時間要しているが<sup>7)</sup>、本プロセスでは極めて短時間で分離を達成できた。

#### 4. パイロットプラント試験

##### 4.1 パイロットプラント試験設備および試験方法

Fig.10にパイロットプラント試験設備の構成を示す。本設備のASR処理能力は200 kg/hであり、ベンチスケール実験装置の約40倍の規模である。溶解分離槽と熱媒循環槽に熱媒を充填し、電気ヒーターにより外部加熱される。同時に熱媒はポンプにより溶解分離槽一熱媒循環槽間を

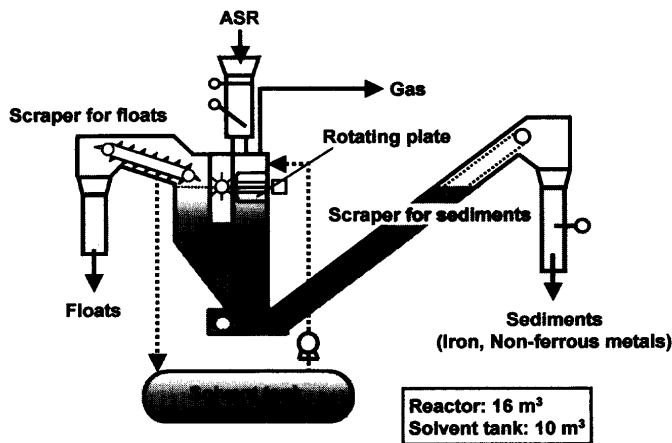


Fig. 10. Pilot plant of ASR treatment process.

Table 2. Composition of ASR in pilot plant test.

| Proximate analysis(dry-mass%) |     |      | Ultimate analysis (dry-mass%) |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|-----|------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| VM                            | FC  | Ash  | C                             | H   | N   | S   | O   | Cl  | Fe  | Cu  | Al  |
| 53.1                          | 6.7 | 40.4 | 43.9                          | 5.8 | 2.0 | 0.1 | 9.1 | 1.3 | 4.1 | 3.2 | 2.7 |

5 m<sup>3</sup>/hで循環し、所定の温度に維持される。また、系内には窒素(5 Nm<sup>3</sup>/h)が導入され、不活性雰囲気中に維持される。溶解分離槽内におけるASR処理時間の制御は、溶解分離槽内に設けられた回転堰(Rotating plate)の回転数を調節することで行った。投入されたASRは溶解分離槽内で所定の滞留時間熱媒に浸漬され、熱媒により急速に昇温され、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。プラスチック類は熱媒油表面から、金属類は溶解分離槽下部からスクレーパによって連続的に掻き出され、回収される。沈降物はハンマーミルで解砕し、磁選機、渦電流選別機により鉄、非鉄(銅、アルミ)を回収した。

使用したASRの性状をTable 2に示す。熱媒はコールタール重油とピッチの混合熱媒を使用した。本試験において50時間の連続試験を行い、運転性能などのプロセス検証とともに、物質収支取得および、生成物評価を行った。

#### 4.2 結果および考察

パイロットプラントにおいては、基礎実験およびベンチスケール実験の結果をもとに、280°C、熱媒浸漬時間15~20分の条件で50時間の連続運転試験を実施した。試験経過例をFig.11に示す。安定的にASRを供給し、熱媒の温度も設定温度に長時間、維持可能であった。とくに、熱媒温度は試験期間にわたって280°C±5°Cと安定した温度制御が可能であった。また、試験期間中、連続的に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た。物質収支および回収物の性状をFig.12に示す。その結果、ASRの最大粒径が200 mm以上であるにもかかわらず分離性能はベンチスケール実験の結果と同等であっ

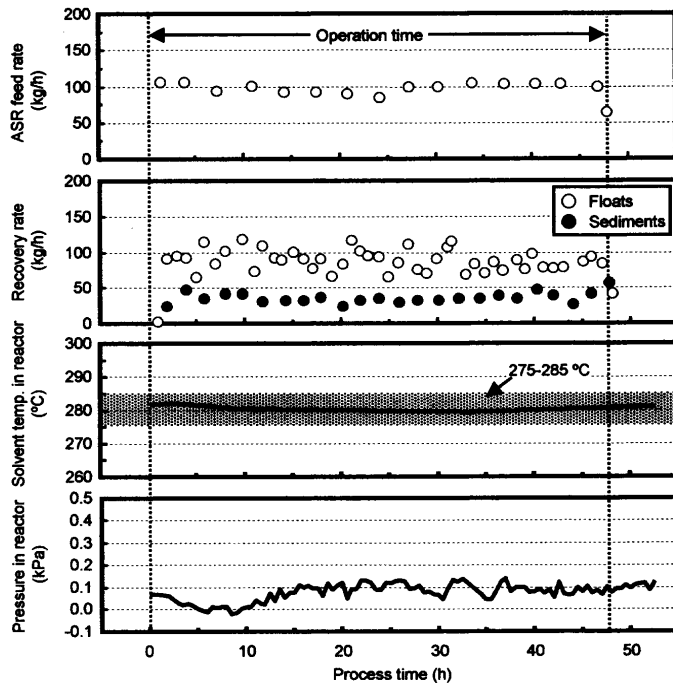


Fig. 11. Operation data in pilot plant.

た。とくに、ASRの機械的分離を困難にしているPURの大塊の残留が懸念されたが、滞留時間15~20分で速やかに減容化し、浮上物中に未分解のPURは観察されなかった。このように短時間でPURを分解・減容化できたのは、前述したように熱媒の高い伝熱速度による効果に加え、熱媒のPUR気孔中への含浸による効果が大きいものと推定される。

Fig.12に示したように、回収浮上物は有機物が92 mass%、無機物は8 mass%であり、銅は0.01 mass%以下と極めて少ない。一方、沈降物は鉄、銅の合計が31 mass%と濃縮した組成であった。また、被覆電線は基礎実験と同様に被覆が除かれた銅線の状態で回収された。さらに沈降物中に濃縮された鉄、銅は付着熱媒と容易に分離でき、鉄は磁選で、銅やアルミも渦電流選別機によって個別に分離できた。また、排ガスを分析した結果、ガス発生量はベンチ実験同様1.0 mass%以下であった。以上のことからパイロット試験においてもプラスチック成分の過度の分解を抑制し、効率的に浮上物と沈降物の分離が可能であることが確認できた。

## 5. リサイクル率の評価

### 5.1 浮上物の高炉原料評価

パイロット試験により得られた浮上物について高炉還元剤としての利用の可否を明らかにするために、高炉下部を模擬した試験装置を用いて浮上物の燃焼・ガス化特性を評価した。本装置は羽口より高炉と同条件の熱風を供給し、レースウェイを形成可能なコークス充填層である。吹き込

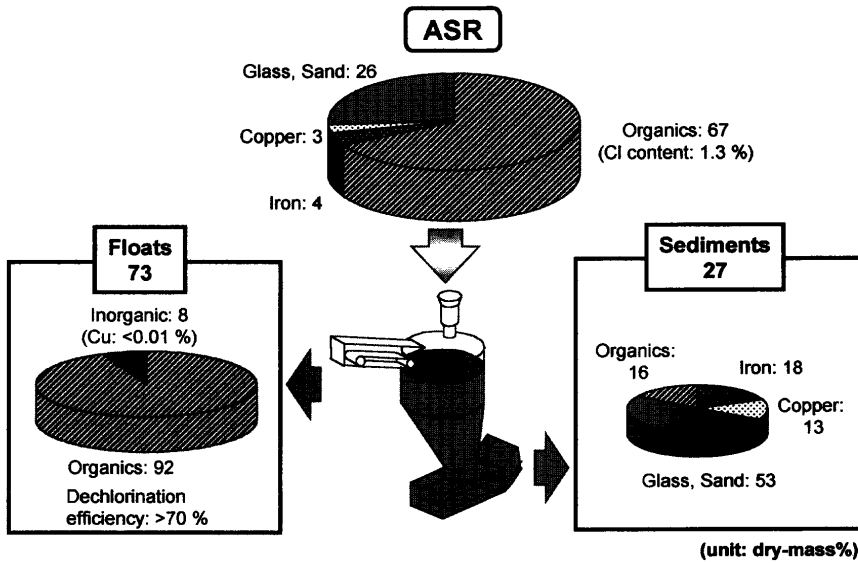


Fig. 12. Material balance and properties of products in pilot plant.

Table 3. Composition of floats, pulverized coal and plastics in hot model test.

|                 | Proximate analysis(dry-mass%) |      |      | Ultimate analysis(dry-mass%) |       |      |       |      |
|-----------------|-------------------------------|------|------|------------------------------|-------|------|-------|------|
|                 | VM                            | FC   | Ash  | C                            | H     | N    | S     | O    |
| Floats          | 70.0                          | 22.3 | 7.7  | 80.2                         | 5.82  | 1.33 | 0.24  | 3.39 |
| Pulverized coal | 25.8                          | 63.8 | 10.4 | 77.0                         | 3.94  | 1.80 | 0.48  | 6.38 |
| Plastics        | 93.8                          | 2.2  | 4.0  | 77.3                         | 12.20 | 0.15 | trace | 6.35 |

んだ浮上物の燃焼・ガス化率はコークス消費速度、浮上物吹込み速度ならびに本装置からの発生ガスの解析による炭素収支より算出した<sup>1)</sup>。比較材として、微粉炭（粒度：74 μm 以下，80 mass%）および廃プラスチック（粒度：2~10 mm）を用いた。試験に用いた浮上物、微粉炭および廃プラスチックの性状を Table 3 に示す。なお、浮上物は事前に2~10 mm に粉砕し使用した。

Fig.13 に、1200°C、24%酸素濃度の熱風とともに浮上物を吹き込んだときのレースウェイ内のガス組成分布を示す。微粉炭の場合、レースウェイ内で急速に酸素を消費し、最高温度部位に近いCO<sub>2</sub>ピークは羽口側に接近するが、廃プラスチック、ASR浮上物はオールコークスに近い。レースウェイ内物質収支より求めたレースウェイ内の燃焼・ガス化率をFig.14に示す。レースウェイ内のガス組成変化からは廃プラスチック、ASR浮上物は緩慢な燃焼と推測されるが、両者の燃焼・ガス化率は微粉炭より高い値を示す。これは著者らがすでに報告したレースウェイ内での粗粒粒子の循環効果によるものと推測される<sup>14)</sup>。すなわち、廃プラスチックおよびASR浮上物は緻密な構造であるため、1200°C程度の高温度場でも熱割れは起こりにくく、レースウェイ内に保持されることで高い燃焼ガス化率を達成できる。よって、ASR浮上物も高炉還元剤として利用可能であり、高炉内で高燃焼・ガス化率でリサイクルされるものと推定される。

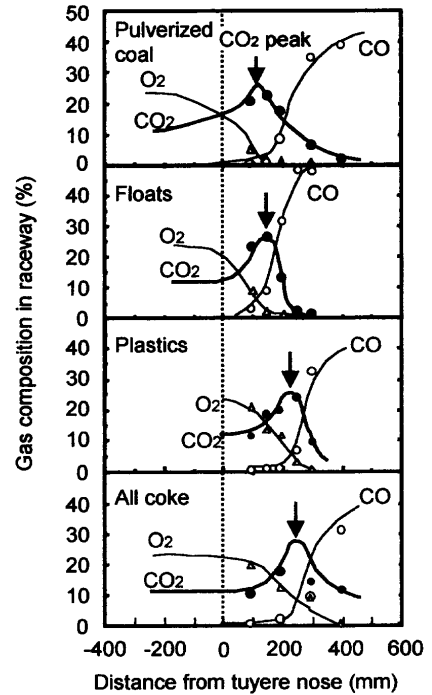


Fig. 13. Gasification behavior of floats from ASR in raceway of hot model.

### 5.2 回収金属の分別・リサイクル

4.1に述べたように、沈降物の解砕処理により、金属類（鉄、非鉄）と表面に付着した熱媒や有機物を分離できた。Fig.15に、磁選機、静電分離による非鉄選別機を用いて沈降物から鉄および非鉄を回収したときの収支をまとめた。沈降物からは鉄を32 mass%（ASR基準で8.6 mass%）、非鉄を5 mass%（ASR基準で1.4 mass%）回収できた。鉄回収物は微粉状のダストを含有し、篩(5 mm)分別することにより鉄含有率90 mass%以上の粗粒と、ダストがそれぞれ13 mass%、19 mass%の収率で回収された。ダストは鉄含有率50 mass%以上であり、例えば製鉄プロセスにおける転炉でリサイクル可能である。一方、非鉄は銅、アルミを主体に非鉄含有率90 mass%以上であった。

### 5.3 ELVリサイクル率

2.1で述べたように現状のELVリサイクル率は75~80%である。Fig.16に試験結果をもとに試算したELVリサイクル率をまとめた。パイロット試験結果からASRの73%、すなわちELVの15%を高炉用還元剤としてリサイクルできる。さらに沈降物として回収される27%のうち、鉄、非鉄原料として10%（ELVあたり2%）をリサイクルできるため、トータルのリサイクル率は96%と算出される。この値は通産省が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95%を達成している。さらに、欧州においては上記リサイクル目標に加え、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<sup>5)</sup>、本プロセスによればこの目標値をも満足できる。

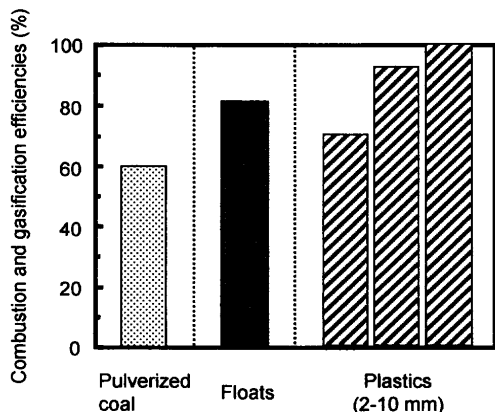


Fig. 14. Comparison of combustion and gasification efficiencies among various materials by hot model.

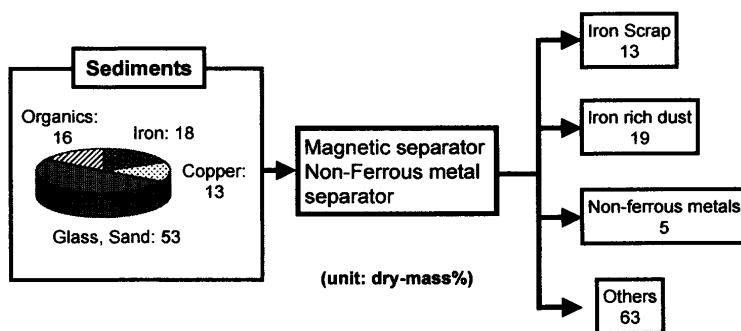


Fig. 15. Recovery of iron and non-ferrous metal from sediments.

## 6. 結言

使用済み自動車(ELV)から発生するASRの高効率リサイクル技術の開発を目標に新たな熱媒処理法を考案した。基礎実験、ベンチスケール実験により原理の検証を実施し、さらにパイロット試験によるプロセス評価を行った。以下に、それらの結果を示す。

(1) 基礎実験により熱媒中でPUR,PVCの分解が速やかに進行することを確認した。とくに電線類のPVC被覆は容易に除去できることが判明した。

(2) ASR処理能力5kg/h規模のベンチスケール実験により、熱媒として用いた石炭系タール中において、プラスチック樹脂の浮上分離と金属類の沈降が確認された。高速分離に適した熱媒の最適温度は280°C、ASRの熱媒中の処理時間は5分であった。浮上物と沈降物はそれぞれ60mass%、40mass%の比率で、浮上物の95mass%がプラスチック、沈降物は50mass%が金属類であり、以降の再利用が可能な処理有価物として回収できた。

(3) ASR処理能力200kg/hのパイロットプラントの連続運転により、熱媒浴プロセスの物質収支を求めた。その結果、長時間、高精度に所定の温度を維持できるなど運転性能は良好であり、分離特性、回収物の性状はベンチスケール実験結果と同様であることを確認した。ASRに含まれる塩素の脱塩素率は70%以上であった。

(4) 高炉レースウェイを模擬したホットモデル実験により、浮上物は廃プラスチックと同等の燃焼・ガス化率を有し、高炉原料として利用可能なことが確認された。

(5) 沈降物は解砕処理により容易に金属類を濃縮可能なこと、金属類は磁選機、非鉄選別機により鉄と非鉄に分離可能なことを確認した。

(6) 本実験結果をもとに、熱媒浴法によりELVリサイクル率として95%以上達成できる見込みが得られた。

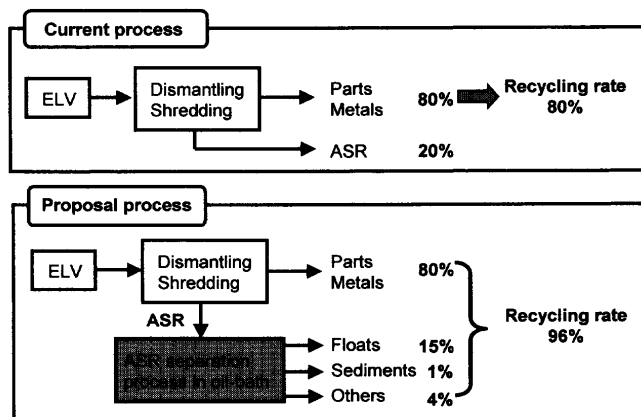


Fig. 16. Comparison of conventional process and newly proposed process on ELV recycling ratio.

## 文 献

- 1) M.Asanuma, T.Ariyama, Y.Yamada, M.Fujii, I.Okochi, T.Sumigama and M.Tokuda: *J. Jpn. Inst. Energy*, **77** (1998), 423.
- 2) K.Kato, I.Komaki, S.Nomura and H.Uematsu: *CAMP-ISIJ*, **13** (2000), 937.
- 3) K.Tomiyoshi: *JARI Res. J.*, **23** (2001), 621.
- 4) A.Nozawa: *Proc. of 2002 JSAE Annual Congress*, No. 13-01 (2001), 25.
- 5) I.Numajiri: *Proc. of 2002 JSAE Annual Congress*, No. 13-01 (2001), 9.
- 6) S.Iida: *J. Soc. Automot. Eng. Jpn.*, **52** (1998) May, 4.
- 7) T.Katagiri, H.Takeuchi and H.Hoshina: *Shigen-to-Sozai*, **113** (1997), 1036.
- 8) H.Shibaike, M.Osada, K.Takamiya and M.Naito: *ISIJ Int.*, **40** (2000), 252.
- 9) H.P.Sattler: *Proc. Int. Automobile Recycling Congress, ICM AG, Switzerland*, (2001).
- 10) G.Ando: *Proc. Int. Automobile Recycling Congress, ICM AG, Switzerland*, (2001).
- 11) T.Ohba, K.Ishii, T.Ohtake, H.Goto and K.Yajima: *J. Soc. Automot. Eng. Jpn.*, **51** (1997) July, 28.
- 12) W.E.Ranz and W.R.Marshall, Jr.: *Chem. Eng. Prog.*, **48** (1952), 141, 173.
- 13) ドイツ技術者協会編, 木内 学訳: 熱計算ハンドブック, 日本能率協会, 東京, (1991), Dd36.
- 14) M.Asanuma, T.Ariyama, M.Sato, R.Murai, T.Nonaka, I.Okochi, H.Tsukiji and K.Nemoto: *ISIJ Int.*, **40** (2000), 244.