

自動車合わせガラスのリサイクル用技術開発

プロジェクト推進室	石井 源一, 加藤 正倫, 渡辺 敏之
生産技術部	宮崎 健一
ものづくり開発室	嶋田 博, 金澤 重久
ガラス・リソーシング(株)	赤坂 修

Technological Development of Windshield Recycling

Genichi ISHII, Masamichi KATO, Toshiyuki WATANABE, Kenichi MIYAZAKI,
Hiroshi SHIMADA, Shigehisa KANAZAWA and Osamu AKASAKA¹

¹Glass-Resourcing INC.

従来全量埋め立て処分されていた自動車合わせガラスについて、リサイクル可能なガラス片と中間膜に分離する技術を開発した。本方式は、ガラスと中間膜の伸びの差を利用する方法であり装置構成が簡易である。廃自動車フロントガラスの90~95%のガラス片を分離可能であり、回収したガラス片はフロントガラス材料・グラスファイバー・土木用埋め戻し材等の用途に利用が期待できる。

1. はじめに

2005年1月から自動車リサイクル法が施行となり、また自動車リサイクル・イニシアチブでは2015年にリサイクル率を95%以上とするなど、自動車に対するリサイクル要求が近年高まっている。

一方、廃自動車のガラスはほぼ全量が埋め立て処分されており、特にフロントガラスは樹脂の中間膜を挟んだ合わせガラスになっていることから、リサイクルするには中間膜とガラスを分離することが必要である。本研究では、土壌改良材としての自然砂(砂柱)への代替が利用可能なガラス片を自動車フロントガラスから回収するために必要な分離技術を開発した。

2. リサイクルの現状

国内における廃自動車の処理の流れと、この中での本研究事業の位置付けを図1に示す。

まず、廃自動車は解体事業者により解体され、自動車リサイクル法の指定回収品であるフロン、エアバッグが取り除かれる。また、中古部品あるいは再生部品として市場性のある部品等が取り外され、オイル等の液体も取り除かれる。そして、残った廃車ガラと呼ばれるボディー部分がプレスされ、プラスチック、ガラスなども含めて製鉄用の電炉に投入され、鋼材は鉄鋼材料としてリサイクルされ、プラスチックは炉中で助燃材としてサ

ーマルリサイクルされる(Aプレス)。ここで、ガラス等はスラグとして排出され、一部はレンガなどにリサイクルされているが多くは埋め立て処分されている。また、プレス後に裁断、分別され、サーマルリサイクル、マテリアルリサイクル、埋め立て処分等に分類される流れもある。

本研究はこの中で有の車体からフロントガラスを取り外し、ガラスと中間膜を分離し、ガラスはカレットして、マテリアルリサイクルし、また、中間膜は電炉で鋼を熔融する再の助燃材等としてサーマルリサイクルしようとするものである。

この結果、資源の有効活用とAプレスにおけるスラグの減量、ASRにおける埋め立て処分量の減少などにより、ひっ迫している最終処分場の延命など社会、環境に及ぼす効果が期待される。

3. 分離原理

合わせガラスの中間膜とガラスを分離する手法としては、ガラスと中間膜の伸びの差を利用する方法、水や有機溶媒に浸漬する方法、加熱若しくは低温にて処理する方法など種々の方式が提案されている。本研究では装置構成が簡易となること、装置コスト低減が期待出来ること等を考慮しガラスと中間膜の伸びの差を利用する方式を採用した。

合わせガラスの分離原理は、適切な大きさの亀裂を生じさせるように破碎した後、引き延ばすこ

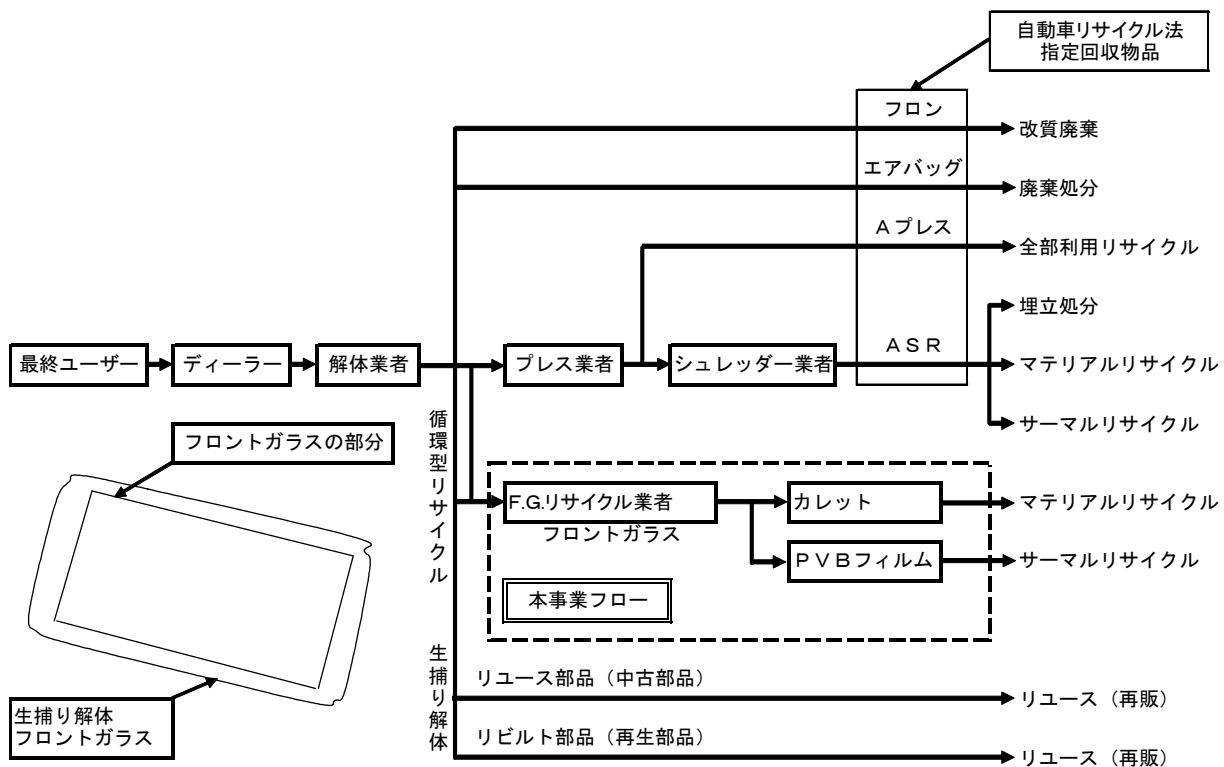


図1 廃自動車処理の流れ

とにより中間膜とガラスの間にせん断力を与え分離させるものである。模式図を図2に示す。また、以上の原理をロールの噛み合わせによって実現すると図3のようになる。図示した形状の上下ロー

ルを適切な間隔に保持し、その間隙に合わせガラスを通過させることにより、破碎及び分離を行う。

4. 実験機による確認

分離原理確認のため、小型の実験機を試作した。

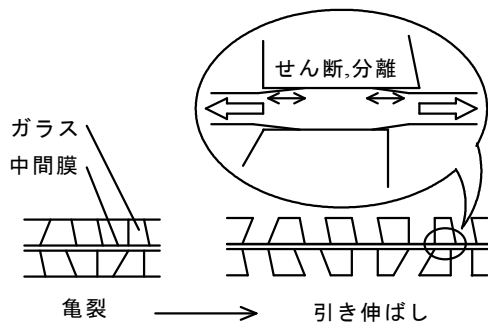


図2 分離模式図

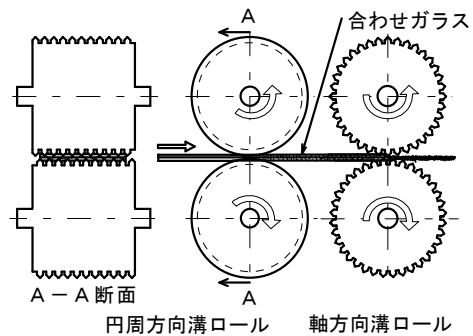


図4 実験機概略

実験機の概略を図4に示す。2段ロール構成とし、溝のピッチ・噛み合わせの位相・インターメッシュ等を変更出来る構造とした。

実験機による脱落率及びガラスの平均粒径の結果を図5に示す。最も脱落率が高い組み合わせは、1段目ロールでガラスの破碎を行った後、2段目ロールで引き伸ばしによる分離を行い、更に3段目で、中間膜上に残ったガラス片をしごき落とす

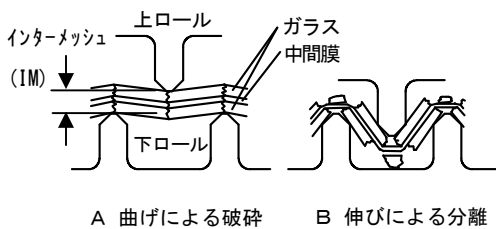


図3 破碎・分離原理

構成としたもので、最大 90%の脱落率となった。しかし1段目ロールでのガラス破碎を省略しても脱落率の低下が 5%程度であることから、破碎分離性能として大幅な性能劣化が伴わない事がわかる。そこでロールの構成は2段とすれば、省コスト・省スペース化が図れることが分かった。

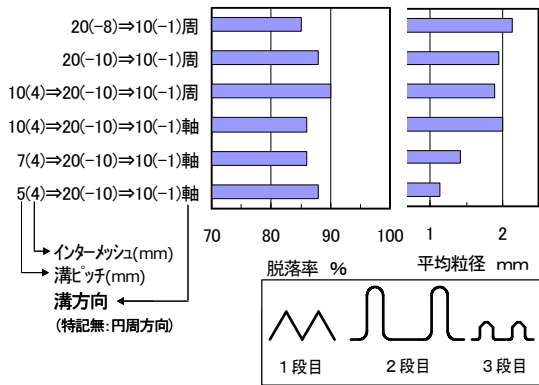


図5 破碎条件と脱落率(実験機)

5. 補助手段の検討

更に脱落率の向上を目指して以下の実験を行った。

・多段パスによる脱落率の向上

合わせガラスを円周方向10mmピッチロールから軸方向10mmピッチロールを通す工程を2回繰り返すことにより、工程全体での脱落率は98%程度に向上するなど、一定の成果が得られた。装置コストや大きさの点から見ると、パスの段数を極力少なくすることが望ましい。

・平ロールによる圧壊

上記と同様の試料をコイルばねにより加圧力300kgで押し付けられている円筒型のロールの間に通すことにより、付着しているガラスを圧壊し、脱落を促進させたところ、合計98%程度の脱落率が得られた。この場合得られたガラスカレットは粒径が小さいものが多く、再利用用途によっては課題となる可能性がある。

・掻き落としによる脱落促進

若干のガラス粒が付着した中間膜を前記の円筒型ロールで送り出し、下流側のスタンドには軸方向に溝を加工したロールを円筒型ロールの4倍の速度で回転させ、ロール上の凸部で中間膜表面に付着しているガラスを掻き落とす実験を行ったところ、掻き落としの効果が認められた。しかし、上下ロールの間隙の微妙な調整が必要となり、大きなガラス粒を掻いたときに中間膜が破断する問題があることが明らかになった。

・回転ブラシによる掻き落とし

前記と同様にガラス粒の付着した中間膜を円筒型ロールで送り出し、下流側で回転する円筒状のワイヤブラシで掻き取りを行ったところ、ガラス粒は脱落するが、一部の中間膜も同時に削り取られ、ガラス粒に混入することが分かった。ガラス粒の用途によっては問題が生じることが考えられる。

・ロールを用いてガラスに張力を付加して剥離

あらかじめ割れ目を形成した合わせガラスを引き伸ばすことにより、ガラスと中間膜の延性の差によりガラス粒が中間膜から脱落することが確認された。すでに特許出願されている方法であるが、この現象を実機で実現させるために、前述の破碎実験装置により前段のロールより後段を高速で回転させることにより、中間膜を引き伸ばす方法により実験を行った。その結果、引き伸ばしによるガラスの脱落は確認できたが、割れ目を形成する段階で中間膜に傷が発生すると、そこを起点として傷が拡大し、中間膜が破断する現象が見られた。また、速度差の設定など微妙な調整が必要なが判明した。実機においては安定した作業が行えないことが予想される。

以上のような、多段のロールに通す、中間膜上のガラス粒をブラシ等で掻き落す、ガラスの付着した中間膜を2段のロール間で張力を与えて引き伸ばす、等の手段により一定の脱落率向上の効果は認められるが、問題の発生も多く実用化には疑問があることが分かった。

6. 実ラインサイズ試作機による実験

実験機の実験より、本方式による分離機構の有効性が確認されたことから、実際の自動車ガラスを破碎分離する実ラインサイズの破碎分離装置を試作した。装置の概要を図6に示す。実験では1

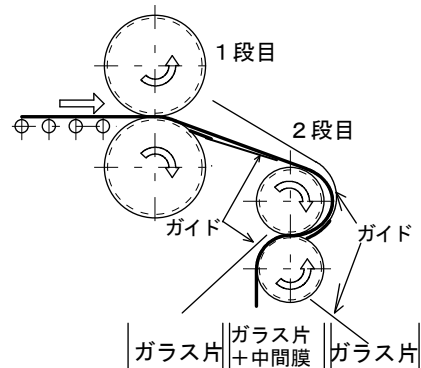


図6 破碎分離装置の概要

段目で分離されたガラス片が2段目でさらに破碎され粒径が過度に小さくなる現象が見られた。そこで折り返したパスラインを採用し、ガラスと中間膜を分離した後、2段目ロールに供給する構成とした。

試作した破碎分離装置を写真1に示す。破碎分離処理するフロントガラスは、油圧で上下するテーブルリフター上にストックされ、作業員がローラーコンベアに乗せ換えた後、装置に供給される。破碎分離後のガラス片と中間膜は、装置下部のバケットに蓄積される。



写真1 破碎分離装置

廃車フロントガラスの破碎実験を行ったところ、中間膜から90~95%のガラス片を分離することができた。破碎条件と脱落率を図7に示す。また、分離されたガラス片の粒径加積曲線を図8に示す。これは自然砂を用いた砂柱の仕様に合致したものとなっている。ただし、ガラス片には鋭利な角が多く安全面に課題が残る。自然砂の代替としては角を丸める後工程の検討が必要との結果となった。

また、作業環境測定から破碎中の騒音が97dB(A)、塵埃が12mg/m³であり、本装置は作業員への耳栓、防塵カバー等の労働安全対策が必要との知見を得た。

7. 処理したガラス粒及び中間膜の用途

破碎されたフロントガラスのカレットは再度フロントガラスとしてリサイクルされるのが最善であり、そのための研究が行われており、リサイクルの可能性も見えつつある。

表1及び2にカレットをガラス材料として受け入れる場合の基準の例を示す。ガラス素材としてリサイクルするためには、不純物の混入が厳しく規定されていることから外周の黒セラ部分を分離

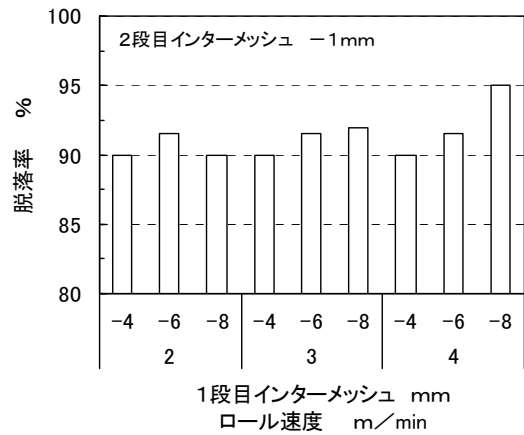


図7 破碎条件と脱落率

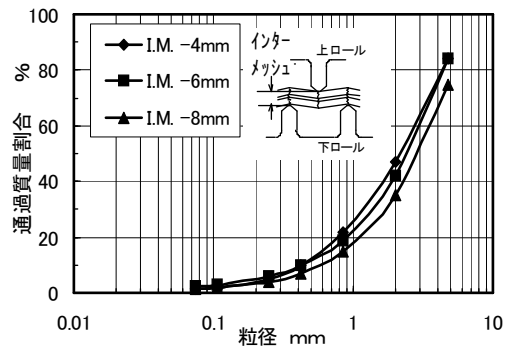


図8 粒径加積曲線

表1 廃自動車回収ガラス受入基準案 (板ガラス材料)

(1) 自動車ガラス以外の不純物の許容量		
不純物の種類	大きさ	許容量
中間膜、ステッカー、プラスチックなどの有機物、有機化合物	10mm以上	無いこと
	10mm未満	20ppm以下
石、砂、セラミック、セメントなど	0.5mm以上	無いこと
	0.5mm未満	10ppm以下
鉄くず (ニッケルを含む特殊鋼を除く)	1mm以上	無いこと
	1mm未満	10ppm以下
アルミ、非鉄金属、ニッケル化合物	すべて	無いこと
(2) 水分	2.5%以下	
(3) 大きさ	2mmφ以上	100mmφ以下

※1ppm=1g/ton

表2 グラスファイバー素材受け入れ基準例

(1) 成分	SiO ₂	○○%±3.0%
	Al ₂ O ₃	○○%±1.0%
	CaO	○○%±1.5%
	Na ₂ O	○○%±1.5%

(2) 水分	2.0%以下	
(3) 粒度	20mm角以上のもの	無いこと
	20mm~2mm	70%以上
	2mm以下	30%以下
(4) 異物	鉄	250ppm以下
	紙、プラスチック	200ppm以下
	陶磁器	あってはならない
	その他の異物	あってはならない

※1ppm=1g/ton

し、さらに汚れの管理にも注意する必要がある。また、粒度については溶解方法が改善されており基準が緩和されることが期待される。

この他にガラス瓶カレットが自然砂の代替として土木工事における埋め戻し、埋め立てにおける軟弱地盤改良のための砂杭、公園などでの水はけ改善のための埋設などに使用され、効果を上げた実績があり、フロントガラスについてもこれらと同様の用途が考えられる。この場合には黒セラ部分に鉛や銅を含んでいるものがあり、これらの溶出による環境汚染を考慮する必要がある。

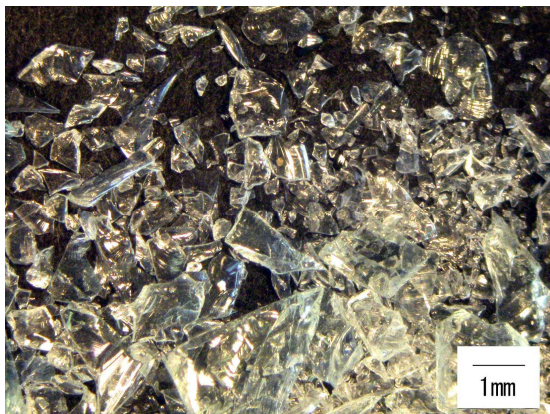


写真2 得られたカレットの形状

また、破碎により得られたカレットは写真2に示すように先鋭な部分が認められるため、土木資材として使用するためには、作業の安全のために破碎後に角を丸める必要がある。

一方、処理により分離された中間膜は若干のガラス粒が付着しており、PVB樹脂としてリサイクルするためにはガラスを完全に取り除く必要がある。樹脂の価格と比較するとコスト的に問題がある。また、燃料としてのエネルギーは高いため、廃車ガラを電炉で溶解する際やセメント焼成での熱源としてサーマルリサイクルするのが適当と考えられる。

8. まとめ

合わせガラスをフロントガラス材料・グラスファイバー・自然砂代用の土壌改良材等としてリサイクル可能なガラス片と中間膜に分離する技術を開発した。今後の課題としては装置の安定稼働・小型化・低価格化、分離率の向上等である。土壌改良材として利用するためには、カレットの角を丸める工程に関する検討が必要である。

なお本研究は中小企業庁の中小企業経営資源強化対策費補助金を活用して行った。