

報 告

ゴムリサイクル技術の開発

村瀬 和 宏 *1

Development of Recycle Technology of EPDM Rubber

Kazuhiro Murase*1

要 旨

EPDM加硫ゴムの化学的再生処理方法としてパン法が挙げられるが、著しい物性低下や臭気の残存、生産性が低いことなど課題が多く、広く使われているとは言えない。また簡易的な手法として微粉碎ゴムやチップ状ゴムに加工して増量材として活用する方法もある。

当社ではパン法に代わるリサイクル技術として「剪断流動場反応制御技術」をトヨタ自動車(株)豊田中央研究所殿と共同開発し、1997年からEPDMガラスラン廃材に適用している。さらに、発泡セルを含むドアW/S廃材も2009年からリサイクルしている。

当社で最も廃材発生量が多い3重製品は、金属インサートと加飾TPOを含んでいるため、リサイクル困難として社外でサーマルリサイクルされていた。今回、さらなるリサイクル率向上のために「金属インサート分離技術」と「EPDM/TPO混合材の脱硫再生技術」を開発した。

「金属インサート分離技術」は市販の破碎機、や粉碎機、金属を除去するための磁選機、さらに自社開発の磁選機も組合せて金属粉(片)の除去に成功した。また「EPDM/TPO混合材の脱硫再生技術」は従来の脱硫技術をベースに改良することで平滑性のある脱硫再生材が得られた。

Abstract

Although the pan-process is mentioned as a chemical reproduction disposal method of EPDM rubber, there are a lot of problems such as the decrease of physical properties, the remainder of the stench, and low productivities.

In our company, "Shear Flow Stage Reaction Control Technology" was jointly developed with TOYOTA MOTOR CORPORATION and TOYOTA CENTRAL R&D LABS. as recycling technology replaced with the pan-process, and it has applied to EPDM glass run scrap from 1997. Furthermore, the door W/S scrap is also recycled from 2009.

O/T W/S containing a metal insert with many amounts of scrap was recycled by recycling manufacture, since metal and TPO are included. In order to raise a recycling rate further this time, "separation technology of metal insert" and "the devulcanization technology of the EPDM/TPO admixture" were developed.

"Separation technology of metal insert" was established by combining a commercial crusher, a grinder, and the newly developed magnetism sorter. Moreover, "the devulcanization technology of the EPDM/TPO admixture" has been established by improving the conventional technology.

*1 Kazuhiro Murase オートモーティブシーリング事業部 技術部 商品企画開発室

1. はじめに

昨今、地球環境保全、温暖化防止の観点から廃棄物の埋立てを抑制し、資源循環促進、廃棄物低減を推進する動きが高まっている。

EPDM加硫ゴムの化学的再生処理方法としてパン法が挙げられるが、著しい物性低下や臭気の残存、生産性が低いことなど課題が多く、広く使われているとは言えない。また、簡易的な手法として微粉碎ゴムやチップ状ゴムに加工して増量材として活用する方法もある。これは弾性舗装などに使用されている。

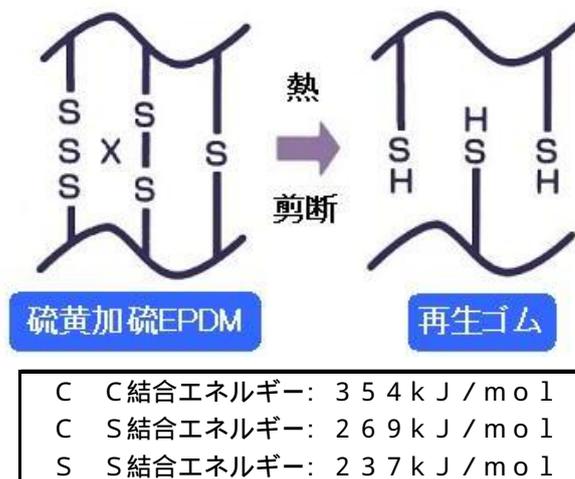


図 1. 脱硫再生のメカニズムと結合エネルギー

2. これまでの脱硫再生技術の量産事例

当社では90年代前半に「ナイスリー委員会」を設置し、環境取り組みプランを策定してマテリアルリサイクルを推進してきた。その中でパン法に代わるリサイクル技術として、連続処理が可能な「剪断流動場反応制御技術」をトヨタ自動車(株)殿、(株)豊田中央研究所殿と共同開発した。脱硫再生はゴムに剪断と温度を連続的に与え、結合エネルギーの差を利用して硫黄の結合部分を選択的に壊裂させるものである。その模式図を図 1 に示す。

まず1997年からEPDMガラスラン廃材に適用を開始し、年々適用量を拡大してきた。その工程概要を図 2 に示す。

さらに、本技術を応用して、発泡セルを含むドアWS廃材についても別工程を設置して2009年からリサイクルを実施している。

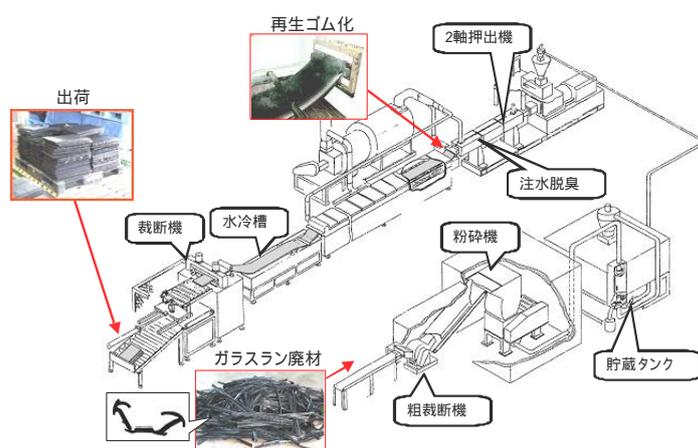


図 2. 脱硫 1号ラインの構成

3. 3重製品のリサイクル技術開発

近年、金属インサートを含む3重製品の生産が増加し、その仕様の複雑さから工程内廃材も多い。(図 3) 従来これらの廃材はサーマルリサイクル用に売却(実際には有償売却)されていたので、この廃材から『EPDM + TPO』を分離し排出物低減、資源循環することを目指した。

3-1. 金属分離技術

脱硫再生するにはゴム径を7mm程度まで粉碎する必要があるが、その前段階としてゴムと金属を分離しなければならない。そのためには一気に上述の大きさまで粉碎するのではなく、少しずつ段階を踏んで原料破碎と金属分離を行う工程を

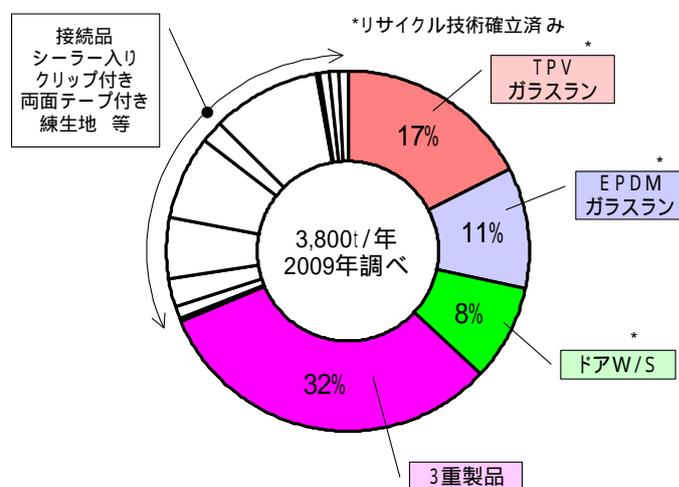


図 3. オートモーティブシーリング事業部の排出物 (2009年; 金属を除く)

考えた。3重製品をはじめガラスランやドアW/Sの工程内廃材は図 4の形態で廃棄されることが多く、3重製品の場合1束あたり約10kgの重さがある。既存の脱硫1号と2号はこの廃材の束を解き、2～8本/回の割合で投入しているが、それでは人が付きっきりとなり効率が悪い。そこで今回廃材の束を解くことなく処理できる市販の破碎機を検討した。(表 1)

1軸破碎機、2軸破碎機はともに原料の大量投入が可能で生産効率が高い。設備の仕様にもよるが300kg/H以上の能力があるものが一般的であり、特に回転刃下部にスクリーンメッシュを有する1軸破碎機は破碎寸法のバラツキが小さくなるのが特長である。

次に磁力選別機の特長を表 2に示す。原料を破碎する過程での金属の大きさに着目し、それぞれに合った磁選機を選定した。破碎直後の金属は大きくかつ多量であるので、オーバーベルトタイプの吸引式磁選機が適している。その後は金属片が細くなるので振動ふるい機やドラム型磁選機を配置した。この原料を破碎機に投入して所定の粉碎径に整える。この破碎機は従来工程でも使用している一般的な仕様のものである。

ここまでの過程で金属の約9割以上が除去できるが、ゴム表面に付着する細かい金属片は磁力を上げても取り切れない。そこで図 5に示すような小麦粉の篩い分け装置を参考にローリング磁選機を製作した。投入された粉碎原料は回転する棒磁石に擦られながらケーシング内を通過することで金属粉を完全に除去する。

こうして金属分離した結果を表 3に示す。残留金属粉の目標値は、ゴム配合薬品であるカーボンブラックの受入検査基準と同等の項目を設定し、残留金属粉の大きさ、量ともに目標値を達成することができた。

この金属分離工程の概要を図 6に示す。



図 4 . 3重製品の工程内廃材

表 1 . 破碎機の種類と粉碎原料の形態

	1軸破碎機	2軸破碎機
設備外観		
破碎部構造		
特長	・固定刃と回転刃の剪断による粗破碎 ・処理量大	・2基の回転刃の剪断による粗破碎 ・処理量大
デメリット		・破碎寸法の制御が困難
破碎原料の形態		
採用		×

表 2 . 磁選機, 選別機の種類と特長

	磁力式選別機		振動式選別機
	オーバーベルト磁選機	ドラム磁選機	ふるい選別機
設備外観			
選別機構			
特長	・大量の金属に対し有利	・磁石と直接接するので取りこぼしが少ない	・振動による金属片の落とし ・後工程への定量供給

ゴムリサイクル技術の開発

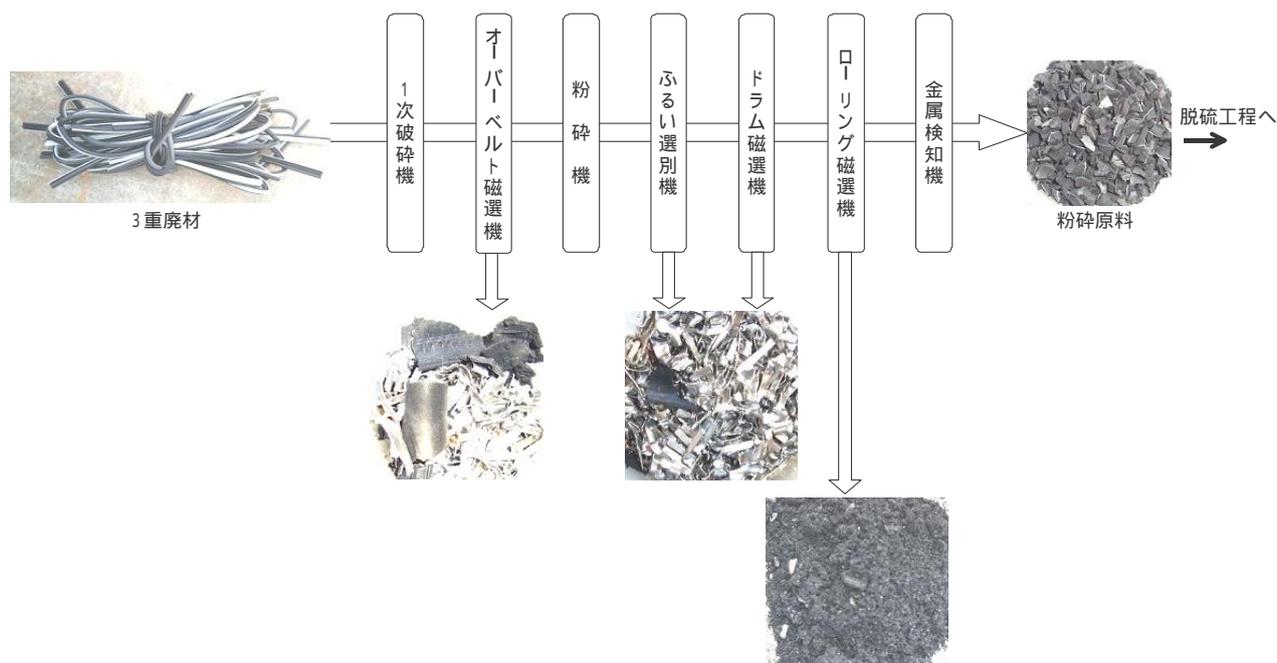


図 6 . 金属分離工程の流れ



図 5 . ローリング磁選機の参考となった篩い分け装置

表 3 . 金属分離結果

		結果	
		結果	評価
ゴム中の 残留金属粉	径(μm)	30~85	
	含有率(ppm)	6	

*目標値はゴム配合薬品のカーボンブラックの受入検査基準と同じ

3 - 2 . EPDM / TPO混合材の脱硫再生技術

金属を除去した後のゴム / TPO混合材の脱硫再生には、従来の脱硫再生と同様、図 7 に示す 2 軸押出機を使用する。2 軸押出機は、上流から『微粉化ゾーン』『脱硫ゾーン』『脱臭ゾーン』の 3 ゾーンから構成される。各ゾーンの中でもシリンドラブロックごとに温度設定が可能である。

今回の原料をスポンジ脱硫工程で処理すると、半脱硫によるブツが大量に発生してしまう。脱硫再生の過程を調査するために、瞬停を行い微粉化ゾーンの終端の原料をサンプリングした。図 8 に示すように、原料の粉碎が完了しておらず、このゴム片の表面を FT-IR で分析すると TPO に含まれる PP が検出された。すなわち、微粉化ゾーンでゴム片の表面が溶融した TPO によりコーティングされ、剪断不足で粉碎されずに残るといったものである。(表 4)

そこで、原料を確実に粉碎できるように微粉化ゾーンの強化 (= スクリュ構成とシリンドラ温度の最適化) を試みた。その結果を表 5 に抜粋して示す。微粉化ゾーン内で圧力を高めると (水準 A, B), 発熱を促進するのでブツとなりやすい。徐々に微粉を進めてゾーン終端で圧力をかける水準 C は良好であり、これを量産条件とした。

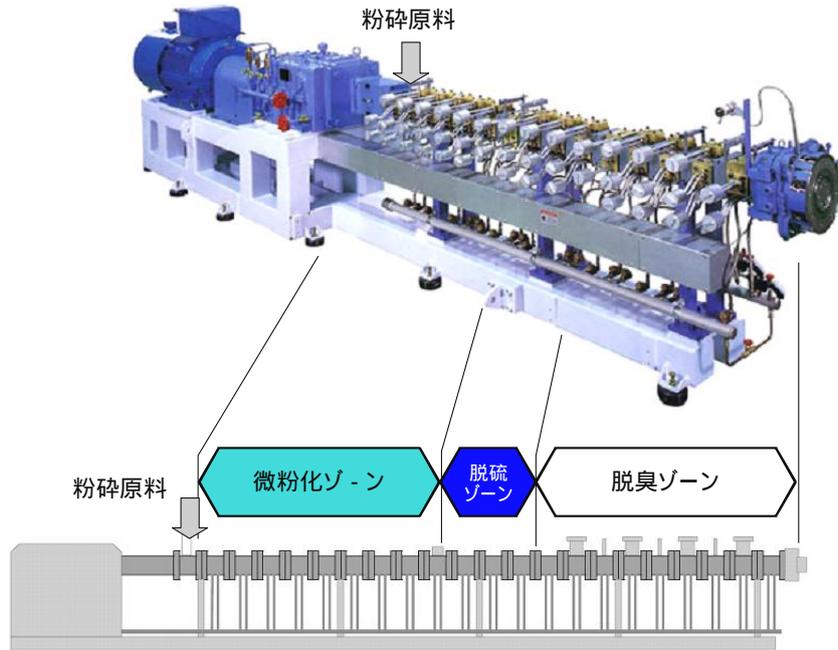


図 7 . 脱硫再生に使用する 2 軸押出機とゾーン構成

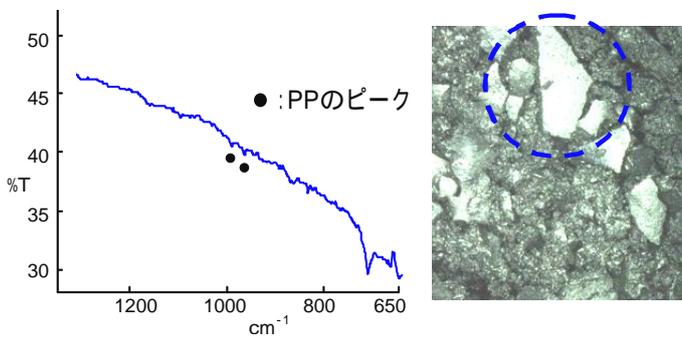


図 8 . ブツ部の分析

(左) FT-IRスペクトル (右) 微粉化不足の原料

表 4 . ブツ部の分析結果

	再生材一般部	ブツ核部
残存架橋点量*	1%以下	8%
残存硫黄強度	384	414
ブツ断面		

*加硫ゴムを100とした場合の比率

表 5 . 微粉化条件と微粉化状態の結果一覧

No.	微粉化状態	再生材外観	
			判定
A			
B			
C			

表 6 . 複合再生材の物性

	結果	評価
	材料粘度(125)	12
1.5mm以下ブツ数(個/m)	1	



図 9 . 複合再生材の外観

このときの脱硫再生材（以下，複合再生材）の物性を表 6 に，また複合再生材の外観を図 9 に示す．材料粘度はスポンジ再生材と同等の粘度 12（ML₁₊₄ 125 ），外観のブツレベルも同等である．

3 - 3 . ウェザストリップ製品への適用

3重製品を脱硫再生した複合再生材は，元の3重製品を構成する軽量ソリッド材，微発泡ソリッド材，ソリッドトリム材へ5%ブレンドしている．表 7と図 10 にソリッドトリム材へブレンドした場合の物性を示す．未加硫物性やキャピログラフによる流動性結果が同等であるので，押出加工性も同等である．材料物性，製品性能も同等の性能を有しており，脱硫再生材を添加した際の臭気も問題ない．なお，物性確保のためにカーボンやオイル，添加した複合再生材分の加硫系薬品を調整していることを付け加えておく．

4 . リサイクル工程の稼働と今後について

以上の結果から，3重製品のリサイクル工程「脱硫3号ライン」は2010年9月から稼働し，各ゴム材料へ適用を開始した．今後は，廃材量と練

表 7 . ソリッドトリム材料の評価結果

試験項目		現行材	複合再生材 5%添加	判定
未加硫物性	Mv	55	54	
	St	2.5	2.4	
試験項目		現行材	複合再生材 5%添加	判定
常態物性	Hs (JIS-A)	74	73	
	T _B (MPa)	10.0	10.0	
	E _B (%)	268	268	
	T _R (N/cm)	294	298	
圧縮永久歪(%)		34	35	
試験項目		現行材	複合再生材 5%添加	判定
抜け荷重 (N/100mm)		80	74	
挿入荷重 (N/100mm)		45	46	
耐白化性		白化なし	白化なし	
接着強さ(N)		379	352	
におい性能		2.1	1.8	
		-0.8	-0.9	
		0.4	0.3	
		0.0	0.0	

*製品適用先はバックドアのトリム部

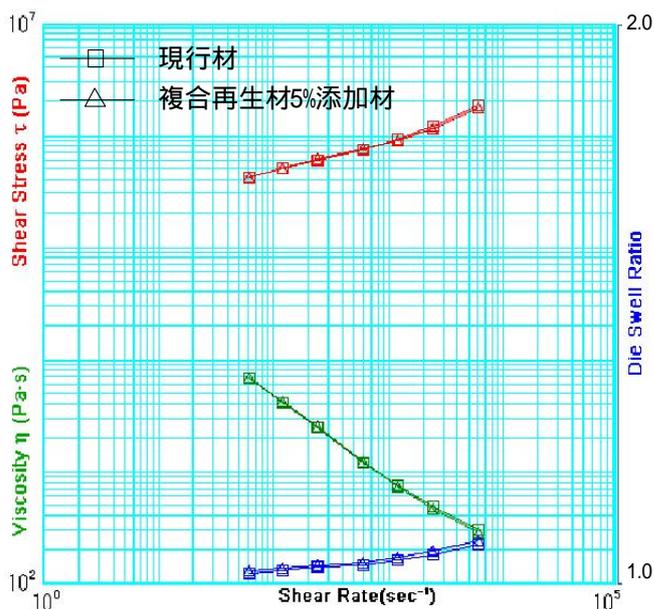


図 10 . キャピログラフによる流動性比較

上げ量を見極めながら，ブレンド比率の引き上げを検討していく．