

論文・解説

45

世界初の廃車バンパから新車バンパへのマテリアルリサイクル World's First Material Recycling of ELV Bumpers into New Vehicle Bumpers

新田 茂樹^{*1}

Shigeki Nitta

田中 宣隆^{*5}

Nobutaka Tanaka

伊東 加奈子^{*2}

Kanao Ito

松田 祐之^{*6}

Yushi Matsuda

森脇 健二^{*3}

Kenji Moriwaki

山崎 和重^{*7}

Kazushige Yamasaki

古田 和広^{*4}

Kazuhiro Furuta

小出 朋之^{*8}

Tomoyuki Koide

要約

マツダ(株)(以下マツダ)は、技術開発の長期ビジョン「サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言」にて、マツダ車をご購入していただいたすべてのお客様に「走る喜び」と「優れた環境安全性能」を提供することを宣言している。このビジョンの下、燃費向上などの地球温暖化抑制とともに、資源循環にも積極的に取り組んでいる。

マツダは廃棄処分された使用済自動車のバンパ(廃車バンパ)を新車バンパの材料としてリサイクルする技術を世界で初めて実用化(2011年8月現在 マツダ調べ)し、2011年8月21日生産分よりピアンテのリヤバンパ用として使用を開始した。

これは、1990年代から取り組んできたリサイクルしやすい設計、廃車バンパの効率的な回収、塗膜除去率向上技術などを組み合わせること、で達成した。

Summary

Under the “Sustainable Zoom-Zoom” long-term vision for technology development, Mazda announced it would provide all customers who purchase Mazda vehicles with driving pleasure as well as outstanding environmental and safety performance. Based on this vision, Mazda has been making active efforts to reduce global warming, such as improving the fuel economy, and also working on cyclical use of resources.

Mazda developed and put into practical use the world's first technology to recycle scrapped bumpers from end-of-life vehicles (ELVs) into a raw material for new vehicle bumpers (As of August 2011; Mazda data). This technology was first translated into practical applications on August 21, 2011 to produce rear bumpers for the Mazda Biance.

The practical application of bumper recycling technology was realized in combination of numerous techniques, including the engineering technique that makes the recycling easier, efficient collection of ELVs' scrapped bumpers, and the paint film removal technique.

1. はじめに

マツダは、サステイナブル“Zoom-Zoom”宣言のもと、さまざまな領域においてCO₂削減など環境保護活動を行っている。その中で、限りある資源を有効に活用するため徹底した再資源化と廃棄物削減に取り組んでいる。

マツダは、自動車のライフサイクル全過程において資源循

環の取り組みを行っている。その中で、使用済み部品の回収・リサイクルでは、系列ディーラーから回収した損傷バンパから新車バンパへのリサイクルを業界に先駆けて推進してきた。この度この損傷バンパのリサイクルで培った技術を廃車バンパに応用し新車バンパの材料としてリサイクルすることを可能にした。

本稿では、マツダの資源循環の概要と世界初の新車バンパ

*1,2 技術企画部
Technology Planning Dept.

*7 第1車両製造部
Vehicle Production Dept. No.1

*3,4 技術研究所
Technical Research Center

*8 装備開発部
Interior & Exterior Components Development Dept.

*5,6 車両技術部
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

リサイクルの取り組みについて紹介する。

2. マツダにおける資源循環と廃棄物削減の取り組み

最初にマツダにおける自動車のライフサイクル全過程における資源循環⁽¹⁾の取り組みを述べる。

2.1 開発・設計

新車のリサイクル性を向上させるため、以下の取り組みを進めている。

(1) 解体・分解容易な車両の設計、解体技術の研究

1990年代よりリサイクル可能な部品や素材を回収しやすくすることに取り組んできた。例えば、バンパでは解体時に短時間に一体で取り外せる構造を追求してきた。2008年発売のアクセラからは、バンパ下部の締結部分に、強く引くと外れやすくなる薄肉構造を採用し、バンパ開口部には引っ張り時にバンパが破断せず一体で外せるよう補強した。インストルメントパネルでは、締結部を離脱させやすい構造とすることで、解体時に引っ張ると容易に外れるよう工夫している。ハーネスのアース端子は、引き抜く際に端子部がちぎれ、ハーネスが残りにくい構造にしている。

(2) リサイクルしやすい樹脂材料の採用

ASR (Automobile Shredder Residue:自動車シュレツダダスト)の構成重量の多くを占める樹脂についてリサイクルしやすい材料を採用している。例えば、ATシフトノブにはオレフィン系熱可塑性エラストマ(TPO)を採用し、ダッシュインシュレータは、遮音材を同素材の熱可塑性フェルトに統一している。

2.2 生産

2008年度に本社(広島)、三次事業所、防府工場 西浦地区、防府工場 中関地区(開発など間接領域も含む)の国内主要4拠点で全埋め立て廃棄物量の完全ゼロを達成し、以降もこれを継続している。これは、副生物・廃棄物の発生量削減と分別・リサイクル強化を進めることによって達成した。

2.3 物流

容器のリターナブル化や包装仕様の簡素化、資材の再利用などのマツダの物流領域で3R活動(リユース, リデュース, リターナブル)を推進している。2011年度は、1990年度比40%以上削減の目標に対して、梱包・包装資材使用量を43.4%削減した。

2.4 使用済自動車の回収とリサイクル

(1) 日本での使用済自動車のリサイクル

日本の自動車リサイクル法に基づき指定3品目(フロン類, エアバッグ類, ASR)を適切に処理するだけでなく、独自の技術や取り組みにより、積極的にリサイクルを行っている。特にASRについては、日産自動車(株)、三菱自動車(株)など13社で設立した「ART (Automobile shredder residue Recycling promotion Team)」を通じて法令順守とリサイクル率向上を推進している。また、販売会社ではリサ

イクル料金の受け取り、使用済自動車の最終所有者からの引き取りと処理業者への引渡しについても適切に進めている。

(2) 海外(欧州・台湾・中国)での使用済自動車のリサイクル

海外でも各国・各地域の法律に基づいて自動車のリサイクルを推進している。欧州では、EU指令に基づき、リサイクル業者への解体マニュアルの提供および最終所有者から無償で廃車を回収するネットワークを構築している。台湾では、2008年からスタートした自動車リサイクルの自主取り組みに対応するため、販売店を通じて、リサイクル業者向けに解体マニュアルの提供などの活動を推進している。中国では、自動車リサイクル法の施行対応に向け、詳細情報を調査している。

(3) 使用済部品のリサイクル

マツダグループでは、認定解体業者と提携し、リユース部品の販売を行っている。また、販売会社で修理の際に交換したエンジンやトランスミッションを回収し、補修整備して、リビルド部品として販売している。2011年リビルド部品販売実績は、エンジン 1,217台、トランスミッション 1,333台であった。また、使用済バンパのリサイクルを行っており、次章に詳細を述べる。

(4) 非鉄金属・貴金属のリサイクルの取り組み

2009年から広島県の関連業者と共同で、自動車に使用されているハーネスや基板など希少価値の高い非鉄金属・貴金属を国内で資源循環する活動に取り組んでいる。更に、2011年度からは、モータ類からのレアアースのリサイクルや、使用済自動車の資源を国内で備蓄・循環する仕組みづくりに関連業者と共同で取り組んでいる。

3. 廃車バンパリサイクルの取り組み

3.1 バンパリサイクルの取り組み経緯

従来からマツダは国内販売会社の交換バンパ(以下市場損傷バンパ)の新車バンパへの材料の水平リサイクル(元と同等の部品/商品に使用)に積極的に取り組んでいる。修理・交換によって発生した市場損傷バンパは2011年度に79,575本(回収率79%相当)を回収し、新車の樹脂材料としてリサイクルした。

マツダのバンパリサイクル活動をTable 1に示す。

Table 1 Mazda Technology Development and Implementation on Bumper Recycling

Year	Contents
1992	Recycling damaged bumper to undercover was commenced.
2001	Recycling damaged bumper to bumper reinforcement was commenced.
2002	Recycling damaged bumper to grained bumper surface was commenced.
2003	A technology to recycle damaged bumper to smooth bumper surface was developed
2005	Continued recycling damaged bumper to smooth bumper surface was commenced

1992 年販売会社を通じて市場損傷バンパを回収し、アンダーカバーなどへの再生利用を開始した⁽²⁾。2001 年、機械式の塗膜除去技術を活用し、市場損傷バンパリサイクル材を新材と同等レベルの強度に高め、バンパ補強用部品への再利用を開始した。2002 年、塗膜除去条件を最適化し、塗膜除去率を 98.5% まで向上させ、同年 7 月からボンゴフレンディのシボ面バンパへの再生利用を開始した⁽³⁾。2003 年、(株)サタケと共同で光学選別技術を組み合わせた新しい塗膜除去技術を開発し、リサイクル材の塗膜除去率を 99.85% へと高め強度・品質とも高い要件が求められる通常の塗装バンパへの再生利用が可能な技術を確認した^{(4),(5)}。2005 年、それまでの技術確立を基に、市場損傷バンパを新車のバンパ材料として継続的に再利用することを開始した。これらの活動や技術開発がベースとなって、廃車バンパリサイクルにつながった。

3.2 廃車バンパから新車バンパへのリサイクルの課題

廃車バンパは製造から 10 年以上経過したものも多く、素材となるポリプロピレン材の物性や塗膜との密着性が現在の

新車バンパの材料と異なり、材料品質の確保に課題があった。また、廃車からのバンパの解体・回収に加え、フォグランプや締結用金属部品など異材質部品の分解除去にも工数がかかり、採算性の確保にも課題があり、新材に置換して利用することが難しい状況であった。

マツダは上述の課題に取り組み、世界で初めて廃車バンパの新車バンパへの再生利用を可能とした。具体的には Table 1 に示す技術開発や取組みの実績をベースにして、バンパ材料の品質管理手法としくみを構築し、経済性を考慮した効率的な廃車バンパの回収を実現したことである。これらをバンパが解体して分別しやすい設計構造を織り込んだ廃車が増加して来たタイミングを捉えて実施した。Fig. 1 に廃車バンパリサイクルのプロセスを示す。バンパ材料の品質確保および廃車バンパ回収の経済性の実現について以下に述べる。

3.3 バンパ材料の品質確保の取組み

(1) リサイクル材混入基準の設定

Table 2 に示すように、バンパ材料はアンダーカバー材料等とは異なり耐衝撃性や外観品質の要求が高い。そのためバンパは性能を確保するために、アンダーカバーよりも一層留意してリサイクル材に新材を混合することが必要である。製造時期が比較的新しい市場損傷バンパの場合は、リサイクル材の混入率を 30% としていた。廃車バンパは、市場損傷バンパよりも古い材料が多くなるので、これまでと同等の品質を確保するためには許容混入率を見直す必要があった。混入率を変えて実験をした結果、外観品質、成形時の収縮率、剛性などの要件を満足できるよう、廃車バンパのリサイクル材の混入率を 10% とした。

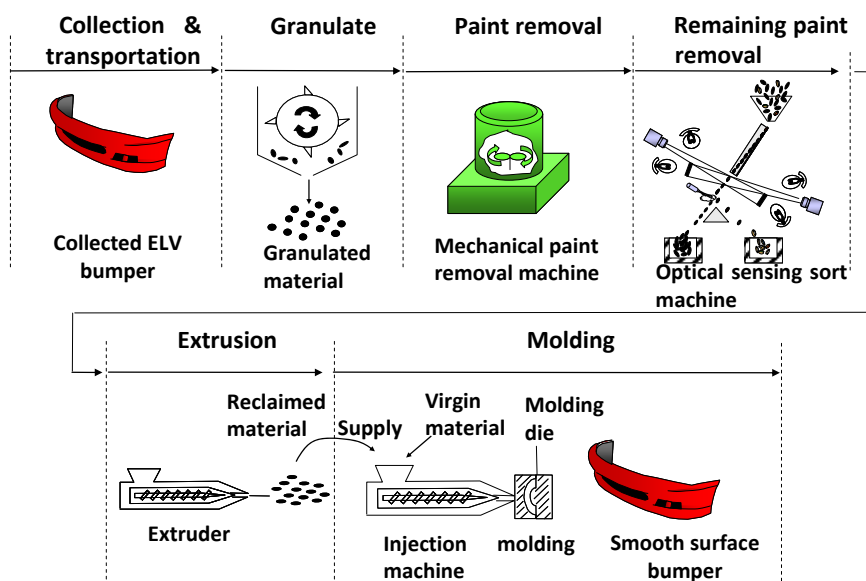


Fig. 1 Recycle Process of Bumper

Table 2 Application for the Reclaimed Material from Bumpers and Requirements⁽³⁾

:Full requirement, :Partial requirement, ×:No requirement

Requirements Applications for the reclaimed	Strength Rrigidity	Dimensio nal stability	Paint quality	
			Paint film performance	Surface appearance
Undercover. etc			×	×
Bumper reinforcement			×	×
Grain surface				
Bumper (without grain)				

(2) 塗膜除去目標および塗膜剥離

市場損傷バンパリサイクルで開発された塗膜剥離技術 (Fig.1)が、廃車バンパリサイクルで活用できるか確認した。塗装されたバンパの粉碎材には塗料が存在し、鏡面バンパに適用するには外観品質の問題が生じるので、塗膜除去レベルをより厳しくする必要がある。鏡面バンパへのリサイクル材利用のため、塗膜除去率の目標は、市場損傷バンパの場合と同等の99.85%に設定した (Table 3)。

Table 3 Setup a Target of the Paint Removal Rate⁽³⁾

:Paint surface appearance meets the requirement.
:Paint surface appearance does not meet the requirement.

Mixing rate into virgin material (%)	Remaining paint rate (%)	
	Present	Target
1		
3	0.045%	
10		
20		
30		0.045%
5	5	5
100	1.500%	0.150%
Paint removal	98.50%	99.85%

Fig.1 に示す機械式塗膜剥離装置だけでは、この目標を達成できないので、Fig.1 光学式選別技術を用いた。

(3) 塗膜残存粉碎材の選別

市場損傷バンパリサイクルで開発した光学式選別技術が活用できるか確認した。Fig.1 に示す機械式塗膜剥離装置で塗膜剥離を実施した時の塗膜残存の構成率をFig.2 に示す。これを見ると、塗膜残存の無い粉碎材の構成率は86%、10mm²未満の面積の塗膜が付着した粉碎材の構成率は10%であった。また10mm²以上塗膜が残存している粉碎材の構成率は4%であった。この結果から10mm²以上塗膜が残存した粉碎材を除去できれば、目標とした塗膜除去率99.85%を達成できることが分かった。そこで、粉碎し塗膜除去した粉碎材を、Fig.1 に示す(株)サタケと共同開発した光学選別装置によって、塗膜が残存した粉碎材を除去した。

この選別機は、バンパ粉碎後に塗膜剥離処理した粉碎材を、選別機のホッパに投入し、シュータを通過後、所定の位置で

光と CCD センサにより、粉碎材を認識する。粉碎材に塗膜が付いていると、その色は塗膜残存無しの粉碎材 (黒色) よりも強い反射強度を放出するため、これを検知し、その直後

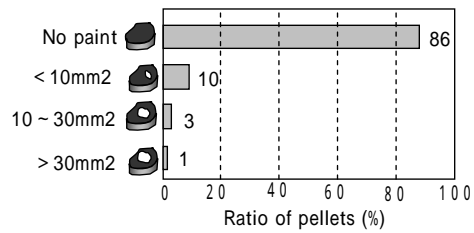


Fig.2 Remaining Paint Area on Pellets Processed for 65 Minutes in Present Paint Removal Process and Ratio of the Size⁽³⁾

にエアエジェクタにより、選別・除去するというものである。

この技術により選別された廃車バンパの粉碎材を、目標の10%混入しても新車バンパとしての性能および外観品質目標を確保できることを確認した。なお、除去された塗膜付の粉碎材は、アンダーカバー等の性能要件が厳しくない部品にリサイクルし有効に活用している。

(4) リサイクル材の造粒

回収されるリサイクル材の場合、バンパとして古いもの、材料グレードの異なるもの等、多種多様なものが入ってくるため、これらを均一化させる必要がある。そのため、本リサイクル工程でも、事前にタンブラという機械の中に粉碎品を入れて、攪拌し、均一化している。その後、大きさを均一にするため、押出機を用いて材料を熔融混練させ、ペレットと呼ばれる米粒状の成形素材に加工している。

(5) バンパ材料の品質管理

前述のように、廃車バンパは製造時期が古いことに加え、製造時期により使用されている材料の物性も異なるので物性のバラツキが懸念される。そこでリサイクル材の流動性や強度・剛性などの主要物性を回収ロットごとに測定するとともに、万が一極端に物性が低い材料が入ったときは物性に応じて生産工場側で混入率を調整し品質保証するしくみとした。Fig.3 は、リサイクル材の曲げ弾性率とリサイクル材の新材への上限混入率を示している。Fig.4 は、リサイクル材の熔融流動率とリサイクル材の新材への上限混入率を示している。上限混入率が10%までとなっているのは、成形時の収縮率など他の要件によるものである。回収ロットごとに、曲げ弾性係数と熔融流動率を測定し、Fig.3 および Fig.4 により、リサイクル材の混入率を管理することによって品質保証が可能となった。

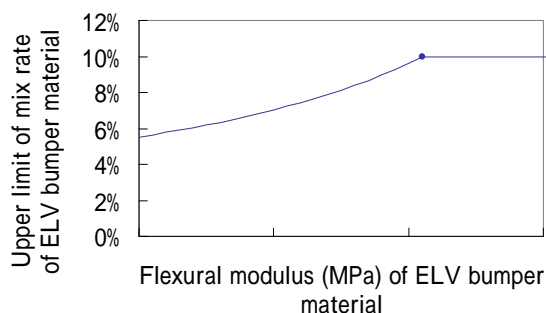


Fig. 3 Mix Rate of ELV Bumper Material by Flexural Modulus

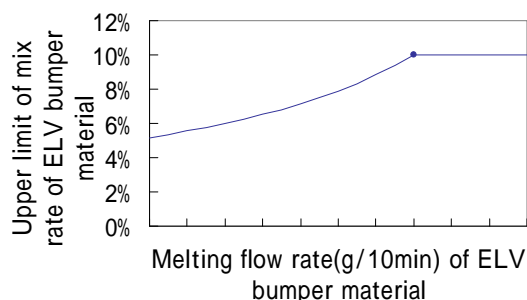


Fig. 4 Mix Rate of ELV Bumper Materials by Melting Flow Rate

(6) 成形

新材タンクと、リサイクル材タンクから、成形機の上に設けている計量混合機により所定の混入率でペレットを混合している。混合したペレットを、大型の射出成形機を用いて再び溶融して金型に射出し、バンパに成形している。

3.4 廃車バンパ回収の経済性の実現

(1) バンパ解体工数の削減

バンパにはラジエータグリル、フォグランプ、ブラケットなどバンパフェースと材質の異なる多くの部品がアセンブリされており、廃車からバンパを取り外したあと、それらの部品をバンパから除去するのに多くの費用がかかる。そこで廃車バンパリサイクル材の早期導入を目指し、リサイクルしやすい設計が織り込まれた車種を選定し、アセンブリ部品の少ないバンパに限定して回収することでリサイクルコストを下げることにした。

(2) 輸送手段の効率化

廃車解体拠点からリサイクル拠点への廃車バンパ輸送は、バンパ粉碎・再生を担当する高瀬合成化学(株)が、リサイクル材をバンパ製造拠点に運搬するトラックの帰り便を用いることで、効率良く輸送できるようにした。

4. まとめ

広島地区にて、マツダ車の廃車バンパを回収し、新車バンパの材料に約10%混入して再生利用するところからスタートした。現在、廃車から排出されるプラスチック、ゴムなどからなるASRは、車両重量全体の約20%であり、そのほとん

どが、サーマルリサイクルされている。中でもバンパは、樹脂部品の中では大きな部品であり、廃車バンパの回収・マテリアルリサイクルにより、ASRの削減と資源の有効利用が可能となる。

マツダは、現在の広島地区に限定した「廃車バンパ to 新車バンパ」リサイクルの他地域への拡大や、バンパをはじめとする先進的なリサイクル技術の開発を進めることで、サステナブルな未来に向けた誠実かつ着実な取り組みを続けていく。

参考文献

- (1) マツダ(株)：マツダサステナビリティレポート2012, pp.52-54 (2012)
- (2) 森脇健二, 藤和久, 中村浩一郎：機械式工法により塗膜剥離した市場回収PPバンパリサイクル材の物性とその適用開発, 成形加工シンポジウム'01, pp.91-92 (2001)
- (3) 森脇健二, 藤和久：プラスチックバンパの塗膜除去技術の開発, 自動車技術会学術講演会前刷集 No.99-03, pp.17-20 (2003)
- (4) 森脇健二, 藤和久, 田中宣隆, 中村浩一郎, 相澤誠：バンパの塗膜除去技術の開発, マツダ技報No.23, pp.125-129 (2005)
- (5) マツダ(株)：マツダ, 廃車バンパから新車バンパへのリサイクルを世界で初めて実現, プレスリリース, 2011年8月24日, <http://www.mazda.co.jp/corporate/publicity/release/2011/201108/110824a.html>, (2011)

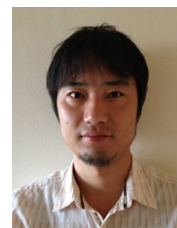
著者



新田 茂樹



森脇 健二



古田 和広



田中 宣隆



松田 祐之



山崎 和重