

材料物性の改良によるバンパを リサイクルした材料の適用範囲拡大

Expansion of Applicable Scope for Use of Recycled Bumper Materials by Modification of Properties

平 脇 聡 志*
Satoshi HIRAWAKI

疋 田 賢 次*
Kenji HIKITA

上 村 知 行*
Tomoyuki UEMURA

要 旨

ABSTRACT

バンパリサイクル材料を使用できる部品の適用範囲を拡大するため、部品ごとに必要となる材料物性の改良技術を構築した。検討した部品は、1)空力アンダカバー、2)サイドスペーサ、3)エバポレータケース、4)リアシェルフ、5)フロアカーペットの5部品で、それぞれに1)低分子量成分の添加による流動性改良、2)フィラとマトリクス樹脂の化学的に結合する成分の添加による曲げ強度改良、3)高曲げ弾性率樹脂とフィラの添加による成形収縮率と曲げ弾性率改良、4)フィラの添加による曲げ弾性率改良、5)エラストマ系相溶化剤の添加による引張り伸び率改良、を行いバージン材料に対して同等のコストで成立する材料を開発した。

To expand the scope of parts in which recycled bumper materials can be used, methods were developed to modify the properties of the materials to enable adaptation to the requirements demanded in the individual parts. The parts targeted in the research were 1) Aerial under cover; 2) Side spacer; 3) Evaporator case; 4) Rear shelf; and 5) Floor carpet. The following methods were used to modify the properties of the material for the respective parts: 1) Fluidity was improved through addition of constituents with low molecular weight; 2) Flexural strength was improved by addition of constituents to chemically bond filler and matrix resin; 3) Shrinkage performance was improved and flexural modulus was increased by addition of filler and resin with high flexural modulus; 4) Flexural modulus was increased by addition of filler; 5) Tensile elongation was improved by addition of an elastomer compatibilizer. In each case, these methods enabled the use of recycled materials at an equivalent cost to virgin materials.

1. まえがき

企業の環境に対する取り組みは社会的責務となり、リサイクルに関しては2001年に家電リサイクル法が施行され、その1年間で約850万台の家電製品が回収された。

一方自動車についても、現在国内では年間約500万台が廃車として処分されており、その循環形のシステムを構築する事は自動車メーカーにとって重要となる。

Hondaは自社でバンパリサイクルルートを構築し、補修交換されたバンパを回収してきた⁽¹⁾。これまでは、回収したバンパを再生処理し、そのバンパリサイクル材料(以下リサイクル材)を使用し、スブラッシュシールドや、サンドイッチ

成形を応用し、使用済バンパ材料を新車のバンパに適用してきた⁽²⁾。Hondaが回収したバンパの回収量は1995年度に585トン、2001年度に1186トンと年々増加している。

ここでは、増加してきているバンパの回収量に対応するために、新たにリサイクル材を使用できる部品の適用範囲拡大を検討したので、その内容を報告する。

2. 開発の方向性

リサイクル材をそのまま他の部品へ適用しようとする種々の課題を生じる。リサイクル材に含まれる塗膜片による外観商品性の低下はその顕著な事例である。例えばリサイク

ル材料をそのままカウルトップガーニッシュのような外観意匠部品へ適用しようとする、塗膜片が異物となり、ゴミ不良に見えるので、外観検査で適用不可と判断される。

またバンパ材料の組成には約30%のエラストマ成分が含まれているので成形収縮率が小さく、適用しようとする部品に使われているバージン材料との成形収縮率の違いから寸法が大きく外れてしまうといった問題がある。

ここで再度リサイクル材の最近の処理方法を調査し、バージン材のコストと同等になる事を目標に定めて新規適用部品への検討を進めた。

3. リサイクル材料の物性把握と改良の考え方

3.1. 回収バンパの処理方法

回収バンパの最近の処理方法と検討結果を以下に示す。

(a) 塗膜除去法

回収バンパに含まれる塗膜は耐衝撃性を低下させ、また製品の外観意匠性を悪化させる課題がある。この課題の解決方法として塗膜を除去する方法がある。その方法は機械的せん断はく離によるものと、溶剤により塗膜を膨潤させ密着性が低下した塗膜をはく離させるものがある。ただし、課題として専用設備の償却費によるコスト増加と除去した塗膜の廃棄処理が発生する。

(b) 微粒子化法

この方法は回収バンパをガラス転移温度以下に冷却して粉碎し、100 μm 以下の粒径に微細化する方法である。この方法によれば塗膜片も微細化できるので粗大な塗膜片を含む場合に見られる耐衝撃性の低下を比較的小さくする事が可能である。ただし、課題として専用設備の償却費によるコスト増加が発生する。

(c) 混練法

回収したバンパの粉碎及び洗浄を行った後、造粒する方法である。この方法は加工工程が簡略で、既存の汎用設備が利用可能である。再生処理にかかるコストは安価であるが、塗膜に対する処理を行わないので耐衝撃性や外観商品性は低いという課題がある。

以上の検討結果から、リサイクルを継続して循環し続けていく観点から、工程が最も簡略で処理にかかるコストが最も安価となる(c)法を選択した。これにより、外観意匠性と耐衝撃性を必要としない部品への適用を検討した。

3.2. 課題に対する解決手法

(c)法で再生した材料の物性を Fig. 1 に示す。このレーダーチャートはバンパ用バージン材の材料物性値を100%とした時のリサイクル材の物性保持率を表現している。同図から分かるようにリサイクル材は物性の低下が認められる。

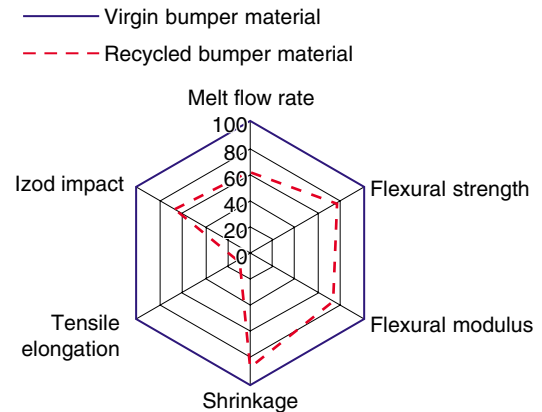


Fig. 1 Material properties of virgin bumper material and recycled bumper material

このような材料物性を把握した上で、Table 1に示すように、新たな適用部品を選定した。

それぞれの部品に適用するためには、リサイクル材だけでは不足する物性項目が生じるので、その項目に応じて各種配合材をリサイクル材に添加し、材料物性を改良した。

Table 1に示した部品の要求する材料物性と材料の改良手法について、以下に述べる。

1) 空力アンダカバー

大物部品の薄肉成形が要求されるため、材料の流動性改良が必要となる。流動性の改良手法として低分子量成分を含んだ材料の添加が有効である。

2) サイドスペーサ

バンパを支えるのに十分な強度を要求されるため、材料の曲げ強度改良が必要となる。曲げ強度の改良手法としてフィラとマトリクス樹脂界面の化学的結合とアスペクト比が大きい(長手方向に長い)フィラの添加が有効である。

3) エバポレータケース

形状保持に必要な曲げ弾性率の改良と現行金型で寸法精度を成立させるために成形収縮率を大きくする

Table 1 Applicable parts and requirements

Applicable parts	Requirement					
	Melt flow rate	Flexural strength	Flexural modulus	Shrinkage	Tensile elongation	Izod impact
1) Aerial under cover	●					
2) Side spacer		●				
3) Evaporator case			●	●		
4) Rear shelf			●			
5) Floor carpet					●	

● mark: Requirement

必要がある。曲げ弾性率の向上と成形収縮率を大きくするための両立手法として、エラストマ成分を含まないホモポリプロピレン(以下 PP)の添加が有効である。

4) リアシェルフ

部品形状保持のために、曲げ弾性率の向上が必要である。曲げ弾性率向上の手法として無機フィラの添加が有効である。

5) フロアカーペット

成形時の形状追従性のために、引張り伸び率の向上が必要である。引張り伸び率の改良手法としてエラストマ系相溶化剤の添加が有効である。

4. 物性改良の手法と検討部品

それぞれの部品で検討した手法の詳細について以下に述べる。

4.1. 空力アンダカバーへの適用検討

Fig. 2に空力アンダカバーの部位と形状を示す。要求されるのは大物部品の薄肉成形である。リサイクル材では流動性が不足するので、これを改良した。流動性の目標値は製品板厚と成形マシンのサイズ、金型ゲート点数により設定した。

材料の流動性については分子量に依存するため、低分子量成分を持った材料を添加すれば流動性は向上する。よって物性改良の手法は低分子量成分を多く含んだ高流動のPPを40%添加した。

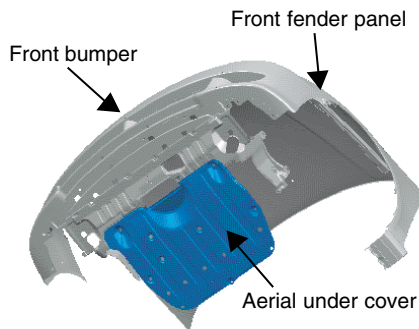


Fig. 2 Aerial under cover

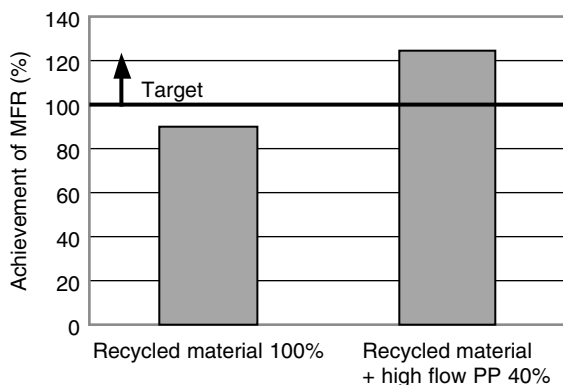


Fig. 3 MFR data

Fig. 3に材料流動性(Melt Flow Rate 以下 MFR)を MFR の目標値を100%とした時の達成率で示す。高流動のPPを添加する事により、無処理のリサイクル材に対して MFR は35%向上した。本手法により材料流動性は目標値を満足した。

4.2. サイドスペーサへの適用検討

Fig. 4に部品の機能はバンパの固定であるサイドスペーサの部位と形状を示す。バンパは1本あたり約4kgあるので、これを支えるのに十分な強度が必要となる。強度の目標値は実車走行時に部品にかかる曲げ荷重により決定した。

高強度化にはフィラとマトリクス樹脂が界面で化学的結合をする事が有効である。そこで化学的な結合を行うために、シラン系表面処理を施したガラス短繊維と、官能基をグラフト結合した変性 PP をリサイクル材に添加する手法を選択した。

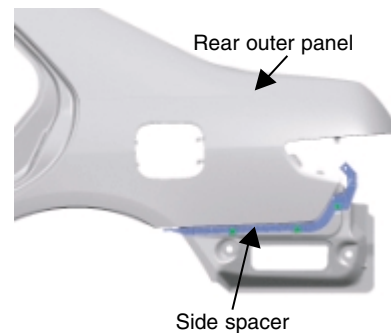


Fig. 4 Side spacer

Fig. 5はガラス繊維とPP界面状態の走査型電子顕微鏡(SEM)写真である。同図より、表面処理ガラス+変性PPを添加した材料はガラス繊維表面が十分にぬれており化学的結合をしていると考えられる⁽³⁾。Fig. 6に曲げ強度の目標値を100%とした時の曲げ強度の達成率を示す。表面処理ガラス+変性PPを添加した材料は目標値に対して5%上回っており、表面処理を施していないガラスを添加した材料に対して40%高強度である。

本手法により曲げ強度は無処理のリサイクル材に対して330%向上でき、目標を満足した。また、実車走行を行い問題のない事を確認した。

(a) Recycled material + GF30%



(b) Recycled material + surface-treated GF30% + modified PP 1%



Fig. 5 SEM photographs of test pieces

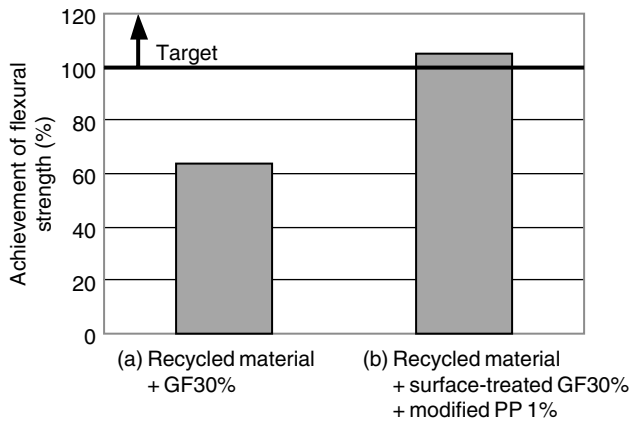


Fig. 6 Flexural strength data

4.3. エバポレータケースへの適用検討

Fig. 7 にインストルメントパネル内に収められるエアコンディショナのクーリングユニットケースであるエバポレータケース(以下エバポケース)の部品形状を示す。形状保持のために曲げ弾性率が必要である。また本部品は既存の量産金型のままりサイクル材への材料変更する事を検討した。このため曲げ弾性率の目標値は製品板厚から設定し、成形収縮率の目標値は現行材の成形収縮率 14.5/1 000 に設定した。

リサイクル材はエラストマを多く含んでいるため他のPP材料より成形収縮率が小さく、曲げ弾性率が低い。よって成形収縮率を大きくし、曲げ弾性率も向上させる必要があった。成形収縮率を大きくするにはホモ PP の添加が有効であるが、曲げ弾性率も成立させなければならないのでタルクも併用添加し検討した。



Fig. 7 Evaporator case

Fig. 8 に目標の成形収縮率 14.5/1 000 を満足するリサイクル材とタルクの関係(破線)と、リサイクル材の配合量に対する曲げ弾性率の達成度(実線)を示す。ホモ PP の配合量は 100 からリサイクル材とタルクの配合量を引き算した値となる。同図破線より成形収縮率を満足するリサイクル材の配合量は 46%以下である事が分かる。同様に実線より曲げ弾性率を満足するリサイクル材の配合量は 40%以下である事がわかる。

以上述べたように、成形収縮率と曲げ弾性率を両立する

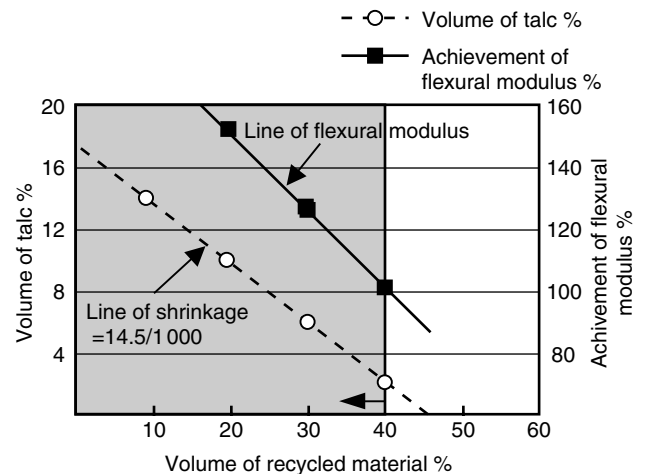


Fig. 8 Relationship between volume of recycled material and talc and flexural modulus data

ためにはリサイクル材の配合量は 40%以下にする必要がある。曲げ弾性率を向上させるにはリサイクル材を少なくする方が良いが、リサイクル材を極力多く使用したいのでこの配合量は 40%とした。

上記検討結果により、組成はリサイクル材 40wt%, タルク 2.5wt%, ホモ PP57.5wt% に決定した。Fig. 9 に本組成の曲げ弾性率の物性データを示す。曲げ弾性率は無処理のリサイクル材に対して 48%向上できた。本手法により曲げ弾性率は目標を満足し、成形収縮率は目標値 14.5/1 000 を満足した。

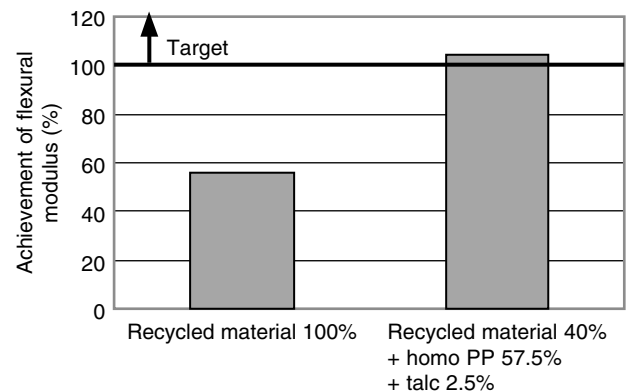


Fig. 9 Flexural modulus data

4.4. リアシェルフへの適用検討

リアシェルフはハッチバックタイプの車両に適用される部品で、キャビンとトランクの隔壁である。リアシェルフは日射が直接あたる部位であり、子供が乗り込んだり荷物を載せる事で高い荷重がかかる可能性があるため、熱間剛性のある樹脂基材にしん金を内包した構造となっている。現行の樹脂材料は PP と木粉を混合したもので、この曲げ弾性率を目標値とした。

リサイクル材はエラストマ成分を約 30%含んでいるので、現行材料に対して曲げ弾性が低い。この曲げ弾性率低下

を補うためにタルクを添加し物性調整を検討した。Fig. 10に曲げ弾性率のデータを示す。曲げ弾性率の目標値を100%とした時の達成率で示す。同図より、リサイクル材を添加すると曲げ弾性率は約20%低下する事がわかる。しかしタルクを添加する事により、曲げ弾性率は目標に対して7%上回り高弾性率化できた。本手法により曲げ弾性率は目標を満足した。

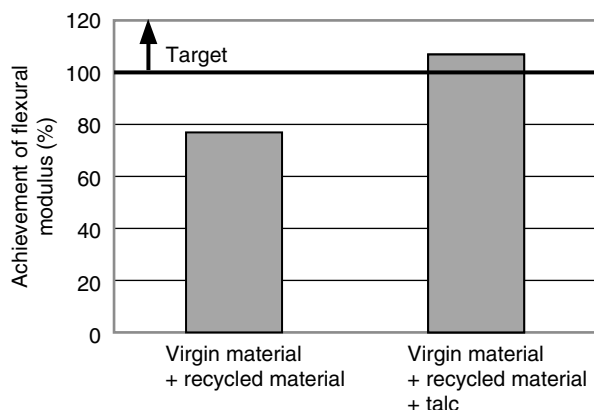


Fig. 10 Flexural modulus data

4.5. フロアカーペットへの適用検討

フロアカーペット裏面には成形後の形状保持のために低密度ポリエチレンの裏打ち材が用いられる。裏打ち材には複雑な成形形状に対応出来る伸び特性が必要である。フロアカーペット成形に必要な引張り伸び率を目標値とした。

リサイクル材は塗膜片を含んでいるため、引張り伸び率が低い。またリサイクル材は、ポリエチレンと同様にオレフィン系樹脂であるが、単純な混合ではお互いに相溶せず、相分離による引張り伸び率の低下が生じる。この引張り伸び率の低下を補うため、オレフィン系及び、スチレン系のエラストマを相溶化剤として添加し引張り伸び率の改良を行った。Fig. 11に裏打ち材の引張り伸び率のデータを示す。引張り伸び率は、目標に対して18%向上できた。本手法により引張り伸び率は目標を満足した。

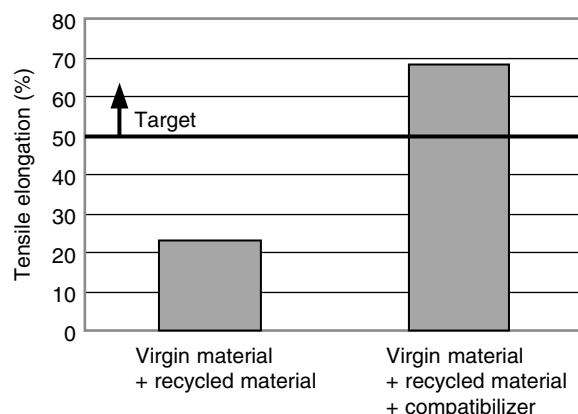


Fig. 11 Tensile elongation data

5. まとめ

リサイクル材の改良技術を構築し、適用部品の拡大と、その部品におけるリサイクル材の配合量を最大とした。それぞれの技術内容を以下に示す。

- (1) 空力アンダカバー適用のため流動性を改良した。手法として低分子量成分を含んだ高流動 PP を添加し、流動性は 130%向上した。
- (2) サイドスペーサ適用のため曲げ強度を改良した。手法として、シラン系表面処理ガラス繊維と官能基グラフト PP を添加し、曲げ強度は 330%向上した。
- (3) エバポレータケース適用のため曲げ弾性率と成形収縮率を改良した。手法としてホモ PP と微量のタルクを添加し、曲げ弾性率は 190%向上し、成形収縮率をコントロールした。
- (4) リアシェルフ適用のため曲げ弾性を改良した。手法としてタルクを添加し、曲げ弾性率は 30%向上した。
- (5) フロアカーペット適用のため引張り伸び率を改良した。手法としてエラストマ系相溶化剤を添加し、引張り伸び率は 90%向上した。

以上の材料配合技術により、当初目標としたコストを現行と同等にする事ができ、リサイクル材の使用量は年間約 200 トン拡大できる見通しを得た。

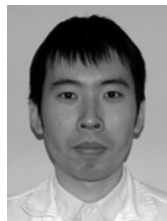
6. 謝辞

本研究を行うにあたり御協力を頂きました三井住友ポリオレフィン(株)、(株)ホンダトレーディングの関係者各位と、多数の方々に御協力頂きました事を深く感謝いたします。

7. 参考文献

- (1) 井上健:バンパーリサイクルシステムの構築, HONDA R&D Technical Review, vol.7, p.170-178 (1995)
- (2) 竹内淳ほか:回収材料をコアとするサンドイッチ成形プラスチックバンパの耐衝撃性の改良, HONDA R&D Technical Review, vol.8, p.186-193 (1996)
- (3) 井手文雄:界面機能性, 高分子表面改質, 東京, 近代編集, 1987, p.229-243

■ 著 者 ■



平 脇 聡 志



疋 田 賢 次



上 村 知 行