解 説

プラスチック基複合材料のリサイクル—IV. ——自動車用プラスチック材料のリサイクル動向——

長 島 泰 雄*

1. は じ め に

科学技術の発展は、われわれの生活を豊かで快適なものにする一方で、地球環境に対し、さまざまな負荷をもたらしている。すなわち、地球の温暖化、大気汚染や酸性雨、オゾン層の破壊、資源の枯渇、廃棄物の増大等が、深刻な環境問題として論議され、対策が模索されている。

プラスチック類もまた、われわれの生活に不可欠の材料として、各分野できわめて有用な貢献をしているが、その優れた特性ゆえに、使用済み材料の適切な処理／再生を行い、廃プラスチック類の環境への負荷を低減させることが、とくに強く求められている。日常生活において、また産業活動において、いわば動脈の役割を担う自動車にも、プラスチック材料は、多種多様に使用され、自動車の軽量化、高機能化に寄与しているが、使用済みのプラスチック部品を適切に処理する新たな技術の開発が大きな課題となっている。

本稿では、自動車用プラスチック部品のリサイクルに関する最近の動向、また、材料メーカーの立場から実施している、リサイクル研究の一端である自動車用バンパーの再生技術について紹介することとしたい。

2. 自動車分野におけるプラスチックリサイクルの動向

2.1 全体状況

現在、乗用車には、その全体重量の 7~8% のプラスチック材料が使用されており、その内容を図 1 に示す¹⁾。

プラスチックリサイクルについては、単一種類の材料が安定的に供給されること、技術的にリサイクルが容易であることが、実施のための重要な条件であり、その意味から、熱可塑性樹脂であり、使用量も比較的多い、ポリプロピレン、ABS 樹脂等が、まずその対象としてと

らえられることとなる。

一方、日本における廃車処理の実情は、図 2 に示す通りであり、一般的には、解体業者が、エンジン、バッテリー、触媒等の有用部品を取り外し、また、バンパー、フェンダー、ドア、ミラー等についても、再利用可能と判断された場合は、それらを取り外し、その後シュレディング業者が、大型シュレッターにより、廃車本体を破碎・裁断処理し、金属分を回収する。この過程で発生する残渣であるシュレッターダストは現在、埋立て処分されている。

この中における問題点、課題としては、以下の点があげられる。

- (1) 廃車台数の増加および自動車のプラスチック化の進行に伴い、ダストの絶対量の増加、ダスト中のプラスチックの増加によるダスト嵩比重の低下がもたらされ、廃棄物としての処理が困難な状態が生み出されている。廃車およびシュレッターダストの発生量推移を図 3²⁾ に、シュレッターダストの成分分析の一例を図 4 に示す。
- (2) このような状況への対策として、図 2 の中にも示されているが、まず、シュレディング処理をする前に、できるかぎり多くのプラスチック部品を取り外すことが重要で、そのために、プラスチック部品への材質表示、あるいは解体容易な部品の設計等が行われている。さらに、ダストを焼却処理することや、ダストを埋め立てるにしても、事前に減容化処理を行うこと等が、課題として提起されている。

2.2 自動車用プラスチック部品のリサイクル

自動車用プラスチック部品は、大型品から小型品まできわめて多数になるが、リサイクルの対象になりやすい部品は、当然のことながら、比較的取り外しの容易な大型部品ということになる。このような状況を図 5 に示すが³⁾、バンパーは、もっともリサイクルしやすい部品ということになる。さらに、図 5 中に示されている、バン

* Yasuo NAGASHIMA : 宇部興産(株)樹脂ゴム事業本部技術部 (140 品川区東品川 2-3-11)

図1 普通小型乗用車の樹脂材料構成

図2 廃車処理システムの概要

バー、燃料タンク、シート、インストルメントパネル、4 部品の重量を合計すると、全プラスチック部品の 3～4 割に相当し、これらの大型部品のリサイクルが、きわめて効率的であることがわかる。

しかし、リサイクルがきわめてむずかしい部品は、異種材料の複合部品であり、複合部品を分解して単一材料からなる部品に分けることが、材料のリサイクル上好ましいといえるが、このようなプロセスは一般的に大きなコストを要する。したがって、リサイクルが容易な要件として、大型部品、取り外しの容易性のほかに、複合性の小さいことがあげられよう。

2.3 リサイクル関連法規制

2.3.1 日本の状況

すでに、「再生資源の利用の促進に関する法律」(通称、リサイクル法)が施行されており、自動車関係プラスチック材料についても、リサイクルに関する指針が示されている。この法律によれば、プラスチックにかかわる事業者の責務として、以下の点が規定されている。

- (1) 再生資源として利用が可能なプラスチック製品の開発、使用に努めること。
- (2) 再生資源としての利用が可能なプラスチック製品の原材料としての利用を図ること。そのために、つ

図3 廃車台数、ダスト発生量推移

ぎのような方策が求められている。

i) 分別回収を容易にする材質表示

ii) 減容設備等の加工設備の整備

iii) 再生資源の用途拡大

また、自動車製造事業者、修理業者が実施すべきリサイクル関連の基準もさまざまな視点から定められている。

2.3.2 ヨーロッパの状況

とくに注目すべきは、ドイツの動向であり、現在、表1に示す内容の法案の制定が検討されている。

この法案は、自動車用プラスチック部品へのリサイクル材使用を義務づけるものであり、今後のリサイクル関連の指針として、その成り行きが注目されている。

(単位：容積%)

A—プラスチック類	(50.0%)
B—ゴム	(5.0%)
C—繊維	(30.0%)
D—その他	(15.0%)

ダスト発生量 : 廃車重量の約30%

図4 廃車シュレッダーダスト構成物の一例

図5 プラスチック部品の重量と解体のしやすさの関係

表1 自動車の解体処理に関する政令(案)(ドイツ)
再生利用の目標

素 材	再生利用度 (重量%)	
	1996 年	2000 年
鉄 鋼	100	100
非鉄金属	85	90
プラスチック	20	50
タイヤ	40	50
他のエラストマー	20	30
ガラス	30	50

さらに、ヨーロッパでは、上記の法案をも背景としてリサイクルに関する異業種間の共同プロジェクトによる研究も活発に行われており、今後の日本におけるリサイクル研究のあり方に一石を投じているといえよう。

3. 自動車バンパーのリサイクル研究

3.1 現 況

日本においては、自動車バンパーはポリプロピレン系材料、またはポリウレタン系材料から製造されている。ポリプロピレンは熱可塑性樹脂であり、リサイクルしやすいことから、自動車メーカーおよび材料メーカーにおいて、ポリプロピレン系バンパーのリサイクル研究が積極的に行われている。

なお、ポリウレタンバンパーについても、リサイクル研究は行われているものの、ポリウレタンがリサイクルの困難な熱硬化性樹脂であるとの宿命を帯びており、将来はポリプロピレン系バンパーが主流になるとの見方も明らかにされている。

3.2 バンパーの回収

現在、廃バンパーの発生源としてはつぎの四つのポイントがある。

- (1) 自動車メーカーの工場：工程内発生不良バンパー
- (2) 自動車販売店：事故による交換バンパー
- (3) 自動車修理工場：同上
- (4) 廃車

このうち、(1)については、従来から自動車メーカー内部でリサイクル検討がなされており、(4)については、廃車処理のルートが複雑なので、そのリサイクルの方策についてはまだ糸口が掴めていない。一方、自動車販売店は自動車メーカーの系列下にあるので、事故により販売店で新品バンパーと交換された不良バンパー(疵のついたバンパー)は、ある特定自動車メーカーにより製造さ

れたものに限定され、その材質も比較的均一で、リサイクル処理が容易ということになる。

したがって、バンパーリサイクルの第一ステップは、上記(2)から発生するものを対象とし、現在、自動車メーカー、材料メーカー、成形品メーカー協力の下に、リサイクル研究が行われている。この場合の回収システムとしては、次のような流れが考えられている。

- (1) ポリプロピレンバンパー、ポリウレタンバンパーの分別、金属部の除去
- (2) トラックによる回収、集荷
- (3) 再生業者と樹脂メーカーによるポリプロピレンバンパーのリサイクル(洗浄、粉碎——成形材料——成形加工——再生製品)

3.3 回収バンパーの性能

つぎに、回収されたポリプロピレンバンパーの性能について説明しよう。日本では、大部分のバンパーが塗装されているが、塗装バンパーおよび無塗装バンパーを長期間走行した自動車から取り外し回収し、それらから性能評価のためのテストピースを成形し、基本的な物性を測定した結果も公表されている。

その結果、無塗装バンパーから得られる材料は、バージン材料に比べ性能低下はわずかであることがわかり、材料としてのリサイクル使用は可能と考えられる。長期間使用後の無塗装バンパーの表面および内部の変化の状態を測定した結果が図6⁴⁾であるが、長期間使用により変化するのは、表面層のごく一部だけであることから、バンパー全体としての性能にはほとんど影響しないといえる。

一方、塗装バンパーから回収される材料は、その中に

図6 リサイクルバンパーの劣化(分子量対測定箇所)

表2 塗装バンパーからのリサイクル材の性能

テスト項目	物性保持率 (%)*
MFR	89
引張強度 (kg/cm ²)	96
引張伸び (%)	17
曲げ弾性率 (kg/cm ²)	102
アイゾット衝撃強度 (−30℃) (kg-cm/cm)	82
高速衝撃強度 (−40℃) (kg-cm/cm)	22

* パージン材に対する保持率

塗装膜が混入し、それが異物として作用するために性能が大きく低下する。表2にその概要を示すが、引張伸び、衝撃強度の低下の著しいことが観察される。したがって、パージン材料に近い性能のリサイクル材料を得るためには、バンパー上の塗装を、なんらかの方法で剝離・除去することが必要となる。一般的に、バンパー用塗料は、アクリル-メラミン系、エステル-メラミン系あるいはウレタン系のものが使用されているが、とくに強固にポリプロピレンに密着しているため、剝離のためには特殊な技術の開発が必要である。

以上から、バンパーのリサイクルについては、つぎの二つの面から検討することが要求される。

- (1) バンパー塗料を剝離・除去した高性能材料としてのリサイクル
 - (2) バンパー塗料混入材料のリサイクル
- このような流れをまとめて、図7に示した。

3.4 バンパーの粉砕

バンパーのリサイクルを実施するに当たって、まずこ

図8 バンパー回収用粉砕機つき大型トレーラー

れを粉砕することが必要となる。粉砕については、とくに技術的に課題となる事項はなく、いかに経済的に粉砕するかがポイントとなる。

ヨーロッパでは、粉砕機付きの大型トレーラーによりバンパーを回収すると同時に、ただちにその場で粉砕してしまうシステムも一部実施されており、このトレーラーの外観を図8⁵⁾に示す。

3.5 バンパーの再生技術

塗装バンパーの塗装膜を剝離・除去することが重要な意味をもつことを述べたが、バンパー塗装膜を実際に除去する手法例については、表3に示す。

バンパー塗装膜を剝離する技術自体は、困難なものではないが、重要なことはその経済性である。ここでは代表的ないくつかの方法について説明すると同時に、興味あるユニークな方法についても若干触れたい。

3.5.1 一般的方法

(a) ショットブラスト法

適当な無機物または有機物粒子を高速でバンパー表面に照射し、機械的に塗膜を剝離する。

図7 市場から回収される廃バンパーの再生

表3 パンパー塗装膜剥離技術

分類	剥離技術	注意
機械的	ショットブラスト法	処理時間が長く、複雑曲面上の塗装剥離が困難。
	押出し/スクリーンメッシュ法	メッシュ以下の大きさの塗膜が残存。
	比重差分離法	パンパーを微粉碎する必要がある。
物理的	溶剤膨潤法	溶剤除去に時間がかかる。
化学的	アルカリ液煮沸	処理時間が長く、中和工程を要する。
	酸性液煮沸	
	有機塩-アルコール-水	効果的であるが、処理コストが高い。
その他	振動圧縮法	アインテクノロジー

(b) 押出し/スクリーンメッシュ法

不溶・不融の塗装膜を押出機フィルターで除去する。効果的なスクリーンチェンジャーを用いることが重要となる。

(c) 比重差分離法

パンパーの基材であるポリプロピレンと塗装膜の比重の差を利用して塗装膜を分離する。比重分離を行うためにはパンパーを微粉碎することが必要なので、経済的な微粉碎技術の開発が必要となる。

これらの方法をまとめて、図9に示す。また、各種方法により処理して得られたリサイクル材の性能を図10⁶⁾に示す。リサイクル材の機械的性質は比較的良好であるが、リサイクル材から得られたパンパーの表面性のチェック、あるいは塗装膜除去に要するコストの検討等が今後の課題となろう。

3.5.2 特殊法

上記のほかにも、有機塩系溶剤⁷⁾や塩化メチレン系溶

図9 PP パンパーのリサイクルプロセス (UBE 法)

図10 パンパーリサイクル材の物性

図 11 振動圧縮法による塗装バンパー処理

剤⁹⁾により塗膜を除去する方法や、特殊な機械的方法によるものが紹介されているが、ここでは、後者について簡単に触れておこう。

図 11⁹⁾は、振動圧縮法とよばれる方法の概念を示したもので、塗装バンパー粉砕品に、圧縮／せん断を与えると、ポリプロピレン基材は塑性変形するが、熱硬化性塗装膜は変形せず、基材から剝離してくる。斬新なアイデアに基づく新技術であり、実用化へ向けての進展が期待される。

3.6 用途開発

バンパーのリサイクルについては、「バンパーからバンパーへ」ということが大きな目標となるが、そのためには、前述した通り、塗装膜を完全除去することが必要となる。一方、塗装膜を部分的に除去した材料、あるいは、それが混入したままの材料については、その用途開発が積極的に行われている。

バンパー材の自動車部品へのリサイクルについては、今年3月開催された国際オートリサイクルショー'93においても、トランクルームボード、シートバックボード、各種内装材への応用等、さまざまな例が紹介され、また、ヨーロッパにおいても、無塗装バンパーをダッシュボードやドアポケットに再利用する例が紹介されている。バンパー材を一般産業資材へリサイクルする場合、技術的には、自動車部品へのリサイクルよりも容易と考えられ、バンパー材を用いた搬送パレットはすでに実用化されている一例である。

4. おわりに

プラスチックのリサイクルについては、マテリアルリサイクル（材料再生）、ケミカルリサイクル（原料や油類への変換）、サーマルリサイクル（エネルギー回収）といった方法があり、実情に応じてそれらを適用してゆくことが重要であろう。同様に、自動車用プラスチックのリサイクルについても、まだ全体的な一つの方向が定められているわけではなく、今後、関係者論議の下に、有効な取組み法に対する合意が形成されていくであろう。その流れの中にあって、個々の企業あるいは団体が、現時点で実行可能な、例えばバンパーリサイクルのような技術開発に取り組んでいくことがリサイクル潮流の加速と収斂に大きな影響を及ぼすにちがいない。

参考文献

- 1) 日本自動車工業会材料部品委員会資料。
- 2) 日本自動車工業会他資料。
- 3) 各自動車メーカー公表資料。
- 4) 宇部興産(株)技術資料。
- 5) K92 フェア（ドイツ、デュセルドルフ）、ハイモント社展示。
- 6) 宇部興産(株)技術資料。
- 7) 加藤 淳、永山啓樹、松谷久仁子：プラスチックエージ, 38, 9 (1992), 172。
- 8) 特開平 5-84746。
- 9) 多田文明、嘉村信彦：プラスチックエージ, 39, 4 (1993), 168 (アイン(株)カタログ)。