

バンパーリサイクルシステムの構築

Development of the Bumper Recycling Program

井 上 健*

Takeshi INOUE

要 旨

近年、地球環境保護の観点からリサイクルの重要性が増してきている。リサイクルを推進すべき領域は広いが、様々な理由により手の付けられていないものが多く、今後解決すべき課題も数多く残されている。実験的には殆どの材料についてリサイクル可能であるが、それを実践するためには以下の7つの要素が全て揃うことが必要である。①回収ネットワーク作り、②量の確保、③回収量・再生量のバランス、④再生技術、⑤再生材の品質保証、⑥経済性の成立、⑦ネットワークに係わる方々の協力。

標記バンパーリサイクルに日本で最初に取り組んだホンダの取り組みをここに述べる。上記の7要素は大別して技術開発の領域とインフラ開発の領域とに分けられ、リサイクルを実践するにはこの両方が揃う必要がある。どちらかと言えば泥臭い後者のインフラ開発の重要性を、体験を通して認識したので、技術面と合せ報告したい。

ABSTRACT

In recent years, there have been strong demands for an effective recycling program.

Although a number of fields require prompt actions, several structural problems prevent us from implementing them. What makes the problems more difficult is the many facets of the infrastructure that are needed within the recycling network.

Experimentally, it is possible to recycle almost all automotive component and part materials. However, in order to conduct recycling efficiently, the following seven requirements are crucial:

1) Establishing an appropriate network, 2) Ensuring sufficient amount of components/parts to be recycled, 3) Balancing the amount collected with the amount recycled, 4) Recycling technologies, 5) Guaranteeing recycled parts quality, 6) Making recycling commercially viable, and 7) Obtaining cooperation from all those involved in the network.

This paper deals with the approach toward bumper recycling taken by Honda, the pioneer among Japanese companies to recycle bumpers.

Those requirements can be roughly divided into two areas, namely technological and infrastructural, and must be synchronously implemented to achieve the recycling targeted.

In this paper, we will explain not only the technological aspects but the more practical infrastructural aspects, whose importance was driven home in the process of creating this system.

1. まえがき

製造事業者が取り組むべきリサイクルの領域は三つある。一つは事業所内リサイクルで、各事業所が事業活動を展開する中で排出する廃棄物の低減と、そのリサイクルである。二つ目は販売店等で発生する補修交換使用済部品のリサイクルである。最後の三つ目は使用済製品のリサイクルである。ホンダではこれらリサイクル領域の未経験の分野を研究し、自動車メーカーとしての担うべき役割を明確化して、リサイクルの取り組みを定着化させる目的で1990年秋にリサイクル委員会を設置した。ホンダにおいては以前から第一領域の事業所内で発生する廃

棄物について、鉄、非鉄金属類のリサイクルや排水の再利用および浄化など先進的な取り組みをしていたので、本委員会の課題は「廃紙」と「廃プラスチック」のリサイクルのみを主要テーマにすることができた。これらのテーマは、二年間の委員会活動の後、通常組織での活動に移行することができた。現在は第二領域と第三領域に絞って課題研究を展開している。

今回の本題は、後述するように第二領域における補修交換使用済バンパーのリサイクルの取り組みであって、第三領域の廃車から取り外したバンパーは含めていない。具体的内容の報告の前に第三領域の廃車リサイクル

* 本田技研工業(株)

が現状どの様に行われているかを若干述べる。現在廃棄自動車は関係業界の努力によりほぼ 100% が回収され、75% の材料がリサイクルされている。リサイクル率から言えば、高いと言われている紙や缶を大幅に越えている。残る 25% の廃棄物すなわちシュレッターダストは他の全ての廃棄物に占める割合としては 0.5% でしかないが、全量埋め立てられているためその低減とリサイクルが更なる課題として求められている。この領域は到底一企業では目的を達成することは困難であり、どのように関連業界と連携するかが大きな課題で、その場合のキーポイントはその製品がどれだけリサイクルを考慮した設計になっているかになる。

2. 取り組みの全体像

2.1. 取り組みの狙い

バンパーリサイクルの目的は二つあり、一つは以前から販売店あるいは修理店で廃棄が難しくなっていた使用済バンパーの回収とリサイクルを実施することである。二つ目はバンパーのリサイクルを実践することによって第三領域の廃棄製品のリサイクルについて研究することである。従ってその実践すなわちリサイクルの目標は、回収したものを自動車部品に再利用し、できればバンパーに戻したいと考えた。

2.2. 展開の推移

当初は比較的楽観的に考えていたが、実際に取り組んで見ると全て零からのスタートで、結果的には非常に長い期間をそれぞれの展開に要することとなった。この内訳を Table 1 に示す。最初の展開はフィジビリティスタディで、市場で何年もの間使われたバンパー材を、再度自動車部品に使えるものかどうかを回収方法と並行しながら調査研究した。次の展開では市場からの使用済バンパーの実験回収を実施しながら、部品輸送用のシャトルボックスである E-BOX (Ecology, Economy, Earth の各頭文字を取って命名) へのリサイクルを展開した。この間自動車部品への適用技術開発を待ち三番目の展開でいよいよ関東・甲信越での広域回収へとつなげた。しかし、当初予想した回収実績を上げられず、四番目の展開では、種々の見直しや改良を加えながら 1994 年 10 月に漸く中国・四国そして 11 月に九州へと地域拡大に結び付けて関東以西を全て回収地域に加えた。以下にこの間の技術開

Table 1 Gradual Development of Bumper Recycling

展開	第一	第二	第三	第四	第五
期間	'91～	'91/5	'91/10	'93/6	'95/X
と テーマ	フィジビリティ スタディ	～ 試行	～ 実施 1ステップ	～ 実施 2ステップ	～ 実施 3ステップ
展開 内容	① 回収法 ② 再生材 物性 ③ 用途 開発	① 実験 回収 ② E-BOX へ再生	① 関東・ 甲信越 ② 月間 回収 約10ト	① 中部・ 近畿に 拡大 ② 中国・ 四国に 拡大	① 全国 展開 ② 月間 回収 約70ト へ

発とインフラ開発について各々述べる。

3. 技術開発

3.1. 市場使用済バンパー再生材の物性

東京・神奈川地区から約 800 本の使用済バンパーを回収し、専門の再生業者で粉碎・塗料除去・ペレット化をして、市場での使用中における品質物性値の経時変化を検証した。バンパー材はポリプロピレン (以下 PP) 単一グレードではあるが、米国生産の輸入車用バンパーも含め製造メーカー別にみると 4 種類となるため、その各々および、混合品について品質の検証を行った。回収バンパーを製造年代別に分類し Fig. 1 に、また塗装の有無を Fig. 2 に示す。

回収バンパーを製造年度別、塗装の有無、原材料樹脂メーカー別およびそれらの混合等に区分して再生し、これら材料と工場の工程仕損材およびバージン材の物性値と対比したのが Table 2 である。これらの対比から再生材の経時変化を検証すると次のことがわかった。

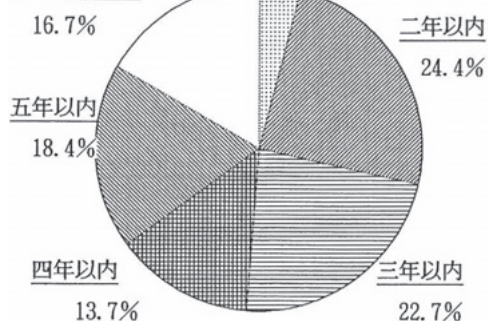
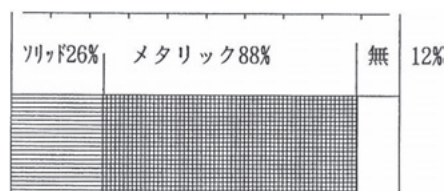
Table 2 Comparison table of physical property values of recycled materials¹⁾

評価項目	バージン材 塗装無し	工程仕損再生材		市場回収バンパーの種類と再生材					
		塗装有り	無塗装	1夏経過	2夏経過	3夏経過	4夏以上	無塗装	混合
ルトインデックス	8.0	8.1	11.3	8.0	8.2	7.8	8.0	10.3	8.7
降伏強さ kgf/cm ²	180	183	172	172	176	178	176	175	174
引張伸び %	>500	470	(140)	491	494	482	486	(97)	482
曲げ強さ kgf/cm ²	200	197	198	181	190	185	181	203	187
曲げ弾性 "	10.100	8,500	10,100	8,300	8,900	8,500	8,100	10,400	8,500
デュロメーター衝撃 kgf・cm/φ1/2 in									
-20℃		>300		>300	>300	>300	>300		>300
-30℃	>300	80~90	>300	130~140	110~120	130~140	140~150	>300	140~150
-40℃		80~90		75~85	100~110	110~120	110~120		120~130
アイゾット 衝撃 kgf・cm/cm									
23℃	NB* ²	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB
-10℃	NB	39.5	NB	29.9	35.3	35.0	34.5	NB	25.5
-20℃	NB	30.4		28.9	30.2	30.1	27.8		7.8
-30℃	33.3	10.5	25.0	9.4	10.5	9.2	8.5	25.0	6.5
-40℃	10.3	8.7	7.4	7.7	7.0	8.0	7.8	7.4	6.0
収縮率* ¹	9.5~10.5	8.9		9.5	9.1	9.6	9.7		9.1
耐候性* ³	>2000hour			2000 NG	2000 NG	1500 NG	1000 NG		
成形外観性	○	×	○	×	×	×	×	○	×

*¹ 1/1000、*² No-Break (破損無し)、*³ バージン材対比、不適合耐候時間でNG。

五年以上及び 販売後一年以内 4.1%

年式判別困難

Fig. 1 Collected Bumper Age Classification¹⁾Fig. 2 Colored Bumper Classification¹⁾

- ① 市場における経過年数の差は耐候性以外の物性値にほとんど影響をしていない。
- ② すべての分別条件(製造年度、原材料メーカ、塗装の有無等)を無視して混合したサンプルの物性値は塗装の有無の影響を除いて差異がない。
- ③ 衝撃強度はバージン材に比較すると著しい低下を示した。これはカラーバンパー(塗装有り)の再生材に特有であり、樹脂内部に残存する塗膜とポリプロピレンの密着性が低いため、塗装片部分でノッチ効果が働き衝撃強度を低下させたものと考えられる。したがって、元のグレードと同等または近い物性値を要求する部品にリサイクルする場合は、塗料の除去が絶対要件となる。
- ④ 耐候性テスト後の劣化(白化、クラック)が認められるため再生材を外装部品にリサイクルする場合は、紫外線吸収材の添加等の改質を必要とする。

Table 3 Recycled Material Requirements

NO.	特 定 条 件
1	部品の要求する機能が <u>再生材の物性値以内</u> であること。
2	耐候性を要求する <u>外装部品ではない</u> こと。
3	タルクブレンド等、 <u>低レベルでの改質で部品の要求機能を得ることができる</u> こと。

Table 4 Components/Parts Meeting Requirements

NO.	特定部品	備 考
1	フューエルホース	そのまま
2	ジョイントプロテクタ	そのまま
3	ウォータースクリーン	そのまま
3	スブラッシュガード及びシールド	そのまま
4	フューエルパイプカバー	割材ブレンド
5	バンパースチフナ	タルク20%添加
6	エアボケース	タルク30%添加

- ⑤ 外観性状は、残存する塗膜により目視下で著しい低下があり、そのままでは外装部品へのリサイクルはできない。

3.2. 再生材の部品への適用

(1) 適用部品の特定

品質検証結果をベースに、次のような検討条件を設定して量産中の自動車部品中よりリサイクル対象部品を特定する作業に入った。特定条件を Table 3 に示す。しかし、この条件に該当する部品は意外に少なく、また候補に上げても、試作やテストの段階で対象外となる部品もあった。Table 4 にこれらの条件を満足した部品の代表例を示す。ここで触れておかなければならないことは、リサイクルを実践するに当たっては再生材コストがこれら特定部品のバージン材のコストに対等ないしは有利な場合に始めて最終的な適用の決定がなされることである。

(2) 設計図面折り込み

特定された部品に再生材が適用されるためには設計図面に折り込まなければならない。その時に考慮しなければならない技術的注意点が三つある。一つは再生材がバージン材とは異なる収縮率を有すること。二つ目は残存塗膜の影響から強度低下が発生すること。三つ目は再生材により金型内の湯流れの状況が変化し、流動性の問題が発生することである。実際には部品形状がそれぞれ異なり、これらが複合的に影響しあうこととなる。バージン材では問題とならなかった、金型から部品を離型する際にキズが付いたり、場合によっては折れたりすることもしばしば発生する。また収縮率が異なるので、バージン材ではライン組み立てできたものが再生材では取り付かないことも発生する。適用に際して金型の改良を必要とした事例を Table 5 に示す。表に示す様に殆どの部品で何らかの金型改修が実施されている。逆にこれら改修後の金型でバージン材を成形しようとすると出来ない場合が生ずる。したがって再生材を適用する場合には、再生材が欠乏しないように特別な材料供給管理が必要となる。

3.3. 再生材の品質保証と管理

再生ペレットの品質の安定を期するために、ミキシング量 2 トン当たり 1 サンプルを採取して、物性検査を実施している。物性検査作業は、当社で制定したバンパー再生材の品質規格に従って、三井東圧化学(株)の協力を得て行っている。また物性検査で良好な結果を得るためには使用済バンパーの各回収経路でそれぞれ厳密なチェックとそのための作業が遂行される必要がある。Table 6 にその内容を示した。このような地道なチェックや作業があつて初めて、前記の品質規格に再生材を適合させることができる。

Table 5 Examples of mold modification upon application of recycled bumper materials

部品名	不具合事例	金 型 改 修 内 容
エバポケース アッパーケース および ロアーケース	①ボス部、ピン穴部に ガス焼け／フラッシュ発生し 品質低下 ②プレート面全周にカジリ発生 離型性悪化 ③ボルト穴部、ドレイン口部、 プレート部等にバリ発生 取り付け性悪化	①ボス裏側、肉厚+0.3 mm ②ピン穴（4ヵ所）、肉厚+0.5 mm ③プレート面全周、型の磨き ④プレート面全周、部分的に肉厚+0.3 mm ⑤各合わせ面の再調整 ⑥プレートをスライド部にオーバーラップさせる構造変更
フューエル パイプカバー	①再生材の湯流れ変化で製品の 低温衝撃性能が満足出来ない。	①指定肉厚を、1.5mm未満から+0.1 mmとし 1.6mmに変更 ②局部的に、1.3mm部分16ヶ所を 1.6mmに変更 ③局部的に、1.4mm部分 4ヶ所を 1.6mmに変更
フューエルホー スジョイント プロテクタ	①再生材の湯流れ変化で製品の 流動バランス調整必要	①一般肉厚を、1.8mm未満から+0.2 mmとし 2.0mmに変更
ウォータ スクリーン	①突出ピン部分の表面に白化現象 発生強度不足	①イジェクタピン部分の径拡大 ②2ヶ取り金型の製品重量バランス調整のための改修

Table 6 Tasks Ensuring Quality at Collection Stage

NO.	回収経路	品質保証のための作業
1	販売店	①マニュアル配付 ・当社品のチェック記入 ・異材除去（金具、ラベル）
2	回収運搬時	②同上
3	再生拠点 （中間処理）	③同上 ④破砕機投入時目視および感触 チェック

3.4. 再生処理技術

我々の最終的の目的は「ゆりかごからゆりかごへ」すなわちバンパーであればバンパーにリサイクルし、最終的には「カスケードリサイクル（段階的リサイクル）」を実現することである。しかし、現時点では「バンパーからバンパー」を実現する技術が、環境に優しく且つ経済的に安価な条件で成立するまでに至っていないため、その技術が開発されるまで当面リサイクルできる他の部品への適用から取り組むこととなった。

使用済バンパー材の再生処理技術としてはオーソドックスに①粗砕機に掛け粗破砕し、その後②押出機に掛け造粒（ペレタイズ）すれば再生材料が得られる非常にシンプルな処理である。ところがバンパーのように市場で数年使われた後の部品には使用中に埃や土砂がかなりの量付着している上に、お客様が貼り付けたラベル類やボール等のオプション部品が着いている場合がある。また金属金具の除去や、今や殆どのバンパーがそうであるが塗装バンパーの塗膜除去が必要となる。バンパー再生のための一連作業の流れを Fig. 3 に示す。

Fig. 3 の②の工程では破砕と洗浄が同時に行われるものと別々に行われるものとがあるが、ここでは同時に行われる場合を示した。バンパーが破砕機にかけられると7ミリ前後の破砕片となるが、この過程で破砕片どうしがお互いに衝突したり摩擦したりして塗膜の一部が分離す

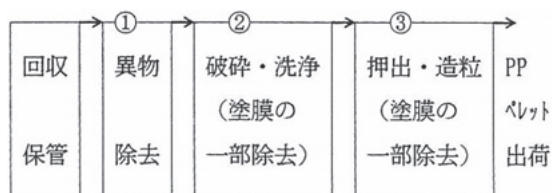


Fig. 3 Recycling Process of Used Bumper

る。つぎの③の工程では破砕片をPPの融点230℃で溶解し最終的に付着している異物をフィルタを通し除去する。このフィルタにも残留塗膜が捕獲され、②と③の両工程を経た後の塗膜残存率は、およそ1.3%となる。因みに再生ペレットでバンパーを成形する場合には0.1%以下の残存率が要求されるため、現状では再生ペレットの物性値範囲内で再利用できる部品への適用を考える必要がある。

4. インフラ開発

4.1. 回収ネットワークの構築

技術課題が解決してもリサイクルを完成させるためにはリサイクルネットワークが構築されなければならない。特に単に回収して処理してもらうのではなく、再度自動車部品にリサイクルする場合はなおさらである。当初はインフラが殆ど無く、手さぐりでひとつひとつ構築してきた。現在構築されたバンパーリサイクルトータルネットワークをFig. 4に示すが、初期のそれに比べると、改良や付加された部分が幾つもあり複雑化している。

(1) 回収ネットワーク

使用済バンパーの回収は、その量に関係なく協力して頂いた販売店および契約修理店全てを対象とした。比較的排出量の多い販売店には回収専門便(ダイレクトルート)を当て、少量排出の販売店には補修交換用新部品の配達帰り便(部販ルート)を当てた。この二つのルートは近距離輸送の場合には良かったが、遠距離となると輸送コストが大変な重荷となった。

そこで1994年10月から回収地域を拡大するのに伴い中国・四国地区で広島に、また九州地区では福岡にそれぞれ中間処理拠点を設けた。ここで一旦回収破砕・洗浄した上で再生処理工場に輸送する方法を取った。1991年の物性調査のための回収から始まって1994年3月末までの4年間に回収したバンパーの累計回収量はおよそ26万9千本を数え、その重量は千二百トンにおよぶ。その4年間の回収数量の推移をFig. 5に示す。1994年度は年間およそ13万本を回収することとなった。1993年の5月からそれまで回収輸送費用として1本当たり500円(ダイレクトルート)ないし800円(部販ルート)を徴収していたが、それ以後は徴収を止めた。また回収地域を関東・甲信越から中部・近畿を含め1都2府20県に拡大し

た。1994年10月に中国・四国、同年11月に九州地域に拡大し、ここでも回収を容易にするため下取り制度で回収していたがこれらの地域では有価物としての回収を取り入れている。この辺も「廃棄物の処理と清掃に関する法律(廃掃法)」に抵触しないよう配慮している。

(2) 中間処理および再生処理ネットワーク

再生処理拠点としては、本来素材メーカーが引き取って再生し、更に改質を加え新たに品質保証して頂ければ我々としては非常に助かるのだが現状はそうではない。そこで種々検討した結果、生産工程の廃棄バンパーの再生処理を依頼している関連会社から使用済バンパーの再生処理をして頂ける会社を紹介して頂いた。地域拡大に伴い中間処理拠点も加えながら回収ネットワークを作っていた、この中間処理拠点の追加も結局は再生処理会社の紹介により可能になった。全国展開を視野に入れた集荷拠点をFig. 6に示す。関東の再生処理拠点は鴻巣にある協和産業(株)に、中部では亀山の(株)ナベカにそれぞれお願いし、この二箇所ですべて最終的に再生原料のペレットに加工する。

(3) 再生利用ネットワーク

最終的に再生材を利用する部分および更に適用部品の開発などに携わるところがこのネットワークである。この部分は技術開発の項で述べたのでここでは省略する。メーカーとしての経済性から言うとバージン材を使用し続けた方が良いが、環境保全への協力という目的からそれを押して再生材を使って頂いている。

(4) ネットワークのトータルマネジメント

当初はここまで考えてはいなかったが展開している内にネットワークの全体的なマネジメントが必要であることが分かった。即ち現状では再生材にバージン材を混ぜることなく利用しているが、そのためには使用済バンパーの回収量と再利用量のバランスで常に回収量が少し上回る必要がある。もし利用量が回収量を上回ると、技術開発の項で述べたように金型を変更しているので簡単にはバージン材で代用することができない。

これらの外にペレット品質を管理する機能や販売、輸送といったことをきちんと推進する機能が必要である。Fig. 6に示す全国の拠点のトータルマネジメントはホンダトレーディング(株)にお願いしている。現在は月々お

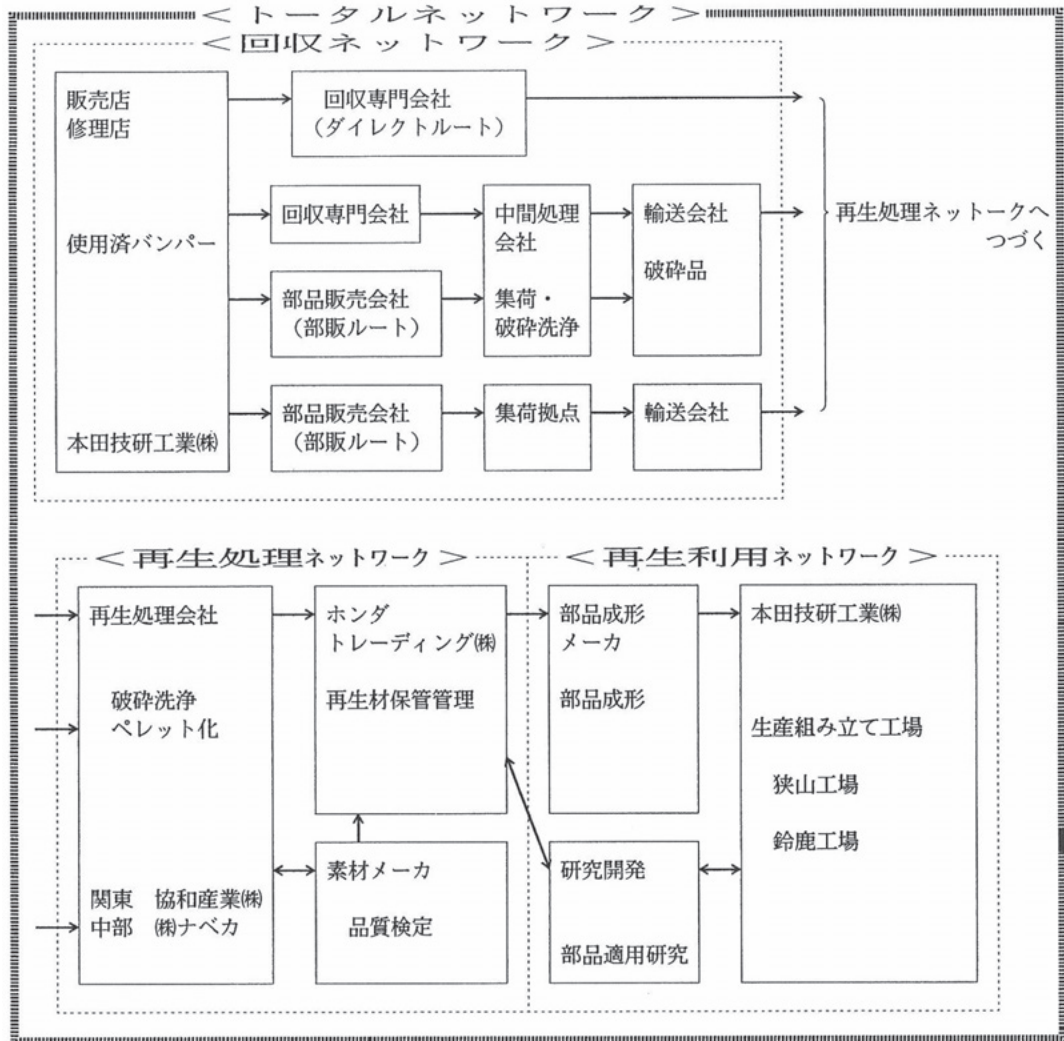


Fig. 4 Comprehensive network of bumper recycling

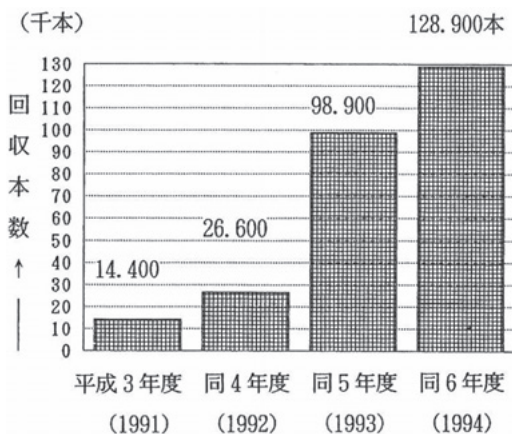


Fig. 5 Procession of Used Bumper Collection

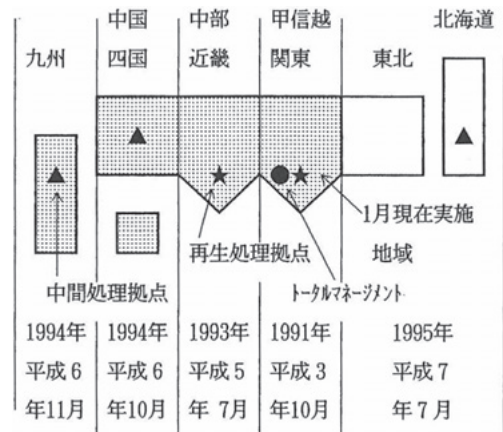


Fig. 6 Nationwide Network with Collection and Recycling Centers

よそ 50 トンを回収しているのでこれに見合う再生利用量として 7 部品 12 モデルに適用部品を拡大している。全国展開ではさらに適用部品を拡大する必要が生ずる。Table 7 に 1994 年末現在の適用部品の一覧表を示す。

5. リサイクルの難しさ

技術およびインフラの両面から補修交換使用済バンパーのリサイクル構築について述べてきた。リサイクルを成立させるためには Fig. 7 に示す 7 つの要素が全て揃わないと推進できないことが少しでも理解していただければ幸いである。またバンパー以外にも廃棄に困っている使用済部品があるが、バンパーに用いられている PP という比較的リサイクルが容易な材料でさえここまでたどり着くのに約 4 年を要している。特に現在の日本は、全体的に経済状況が低迷期でその上円高が極度に進んだ状況にあり、6 番目の要素である経済性の成立が大変難しい状況にきている。我々のこの取り組みに対し、素材メーカーが再生材よりも安価なバージン材を開発し、再生材の経済的メリットを脅かす状況が現実の問題となって

きている。1995 年 7 月からは全国展開すべく準備を進めており、バンパー回収量はさらに増加する予定であるが、安価なバージン材に対し、バンパー再生材の再生処理の費用低減についても至急検討が必要である。

6. 今後の課題

現状では販売店や修理店からバンパーリサイクルの取り組みに対し大変喜ばれており、さらに他の部品への拡大も期待されている。しかし、製品のリサイクル率のさらなる向上が期待されている一方で、前述のように経済性の点では、大変難しい状況にきている。また日本も含め先進各国では廃車等のリサイクルの過程で発生するシュレダーダストの処理に関する制限や規制化の動きが 1994 年来急進展している。今後、我々自動車メーカーが求められている全体的な課題として、以下の 4 項目があげられる。

- (1) リサイクル性向上設計の適用
- (2) ダスト処理、処分時無害化向上設計の適用
- (3) 使用済バンパーの「バンパーからバンパー」実現
- (4) 廃車リサイクル率向上への関連業界との連携

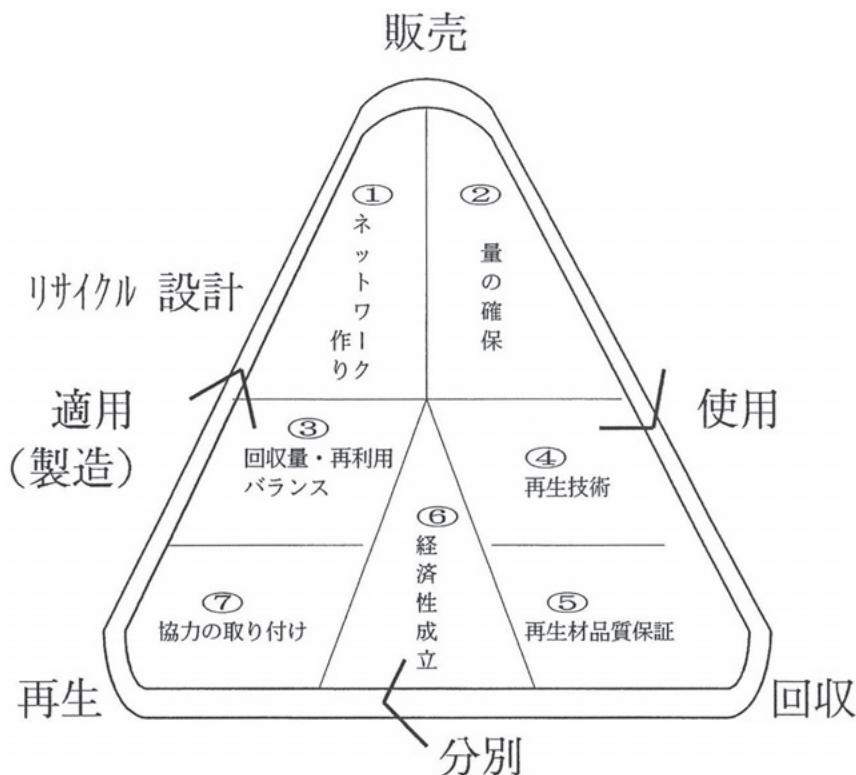


Fig. 7 Seven elements for recycling

Table 7 List of parts made from recycled materials (as of the end of '94)

部 品 名		適用モデル	部品重量(g)	組み立て工場
1	ホースジョイントプロテクタ	インスパイア プレリユード レジェンド	140 100 160	狭山工場
2	ウォータスクリーン	プレリユード	500	
3	スプラッシュシールド	アコード	980	
4	エバポケース	プレリユード	880	
5	リヤバンパースチフナ	レジェンド	800	
6	フューエルパイププロテクタ	シビック ドマーニ/ジェミニ インテグラ	60 60 60	鈴鹿工場
7	ホースジョイントプロテクタ	インテグラ	178	

将来とも環境保全の取組でホンダが先進性を維持できる
よう努力したいと考える。

最後にホンダのリサイクル事業に多大の御協力を頂い
ているメーカ、販売店などの各位および本原稿をまめる
に際し御協力頂いた方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 宮崎正利・井上 健・熊谷駿夫・山崎周一：
自動車におけるリサイクルの現状と将来、
自動車技術、Vol. 47, No. 6, P. 22-28(1993)

■著 者■



井 上 健