

══════ 総 説 ══════

自動車・部品のリサイクル動向と豊田合成の対応(その3)

TOYODA GOSEI's Activities for Technical Trend of Automotive Recycling(No.3)

杉本正俊*

1. はじめに

「環境への取り組みなくして、企業の存続はありえない」とトヨタ自動車トップも明言しているように、もはや環境保全活動は、企業活動において不可欠なものとなっている。

当社は、創業当初からゴム・樹脂・ウレタンなどの高分子材料を扱う自動車部品の専門メ・カとして、早くから環境との調和を考えた活動を行ってきた。

我々は、地球の天然資源（化石燃料・鉱物資源）からエネルギーと物質資源（例えばゴム、プラスチック、ウレタンなど）を得てきたが、20世紀においては、これらが限りなく無限であるという考えのもとに、開発・生産・使用・廃棄というライフサイクルが営まれてきたことに大きな錯誤があった。¹⁾

21世紀は、これらが有限であることを前提とした企業活動、すなわち「資源循環型社会の構築」を目的とした「インバ・ス・マニユファクチャリング・システム」の確立が重要である。

このような背景のもとに、自動車・部品リサイクルに対する内外の動向と自動車用高分子部品のリサイクル技術に関し、工程内リサイクルと使用済み自動車（ELV）の部品リサイクルについて豊田合成の最近の取り組み概要について報告する。

2. 使用済み自動車のリサイクルに関連する動向

2-1. 海外動向

「ELVに関するEU指令」については、1990年欧州理事会決議においてELVについて「ECレベル

で処理すべき廃棄物である」ことを確認したが、そのスタートであった。1997年欧州委員会にて原案とりまとめ以降、膨大な審議を経て、2000年7月；EU理事会、同年10月；EU議会にて可決され、同年10月21日官報掲載と同時に発効された難産の賜物である。言い換えれば、それだけ審議され、今後、グローバルスタンダード（世界標準）となり得るものである。

表-1にEU指令の概要を列記する。

表-1 ELVに関するEU指令概要

1) ELV処理時の事前解体に関する規制(4条)	1) ELVによる汚染防止のための処理を保証。処理施設は官庁の認可登録 2) リサイクル促進のため以下部品の取外し・触媒、ガラス・銅、アルミ、マグネ含有部品・バンパー、インパネ、樹脂タック等の大物樹脂部品およびタイヤ
2) ・リサイクル可能率・リサイクル実効率に関する規制(7条)	1) リサイクル可能率；2005年以降の新型車に対し認証要件化 ・リサイクル可能率；95%以上 [エネルギー回収(T)分；10%以内] 2) リサイクル実効率 ・2006年1月～；85%以上[T；5%以内] ・2015年1月～；95%以上[T；10%以内]
3) ELVの回収ネットワークに関する規制(5, 12条)	1) 経済原則に立つ自動車関連事業者が回収処理システムを確立 2) ・2002年以降の新車、 ・2007年以降の全てのELVが対象 3) 解体証明書の提示が登録抹消となるシステムの設定
5) ELVの無償引き取りに関する規制(5, 12条)	1) 前記対象車両の引き渡しは最終所有者の負担なしに行われ、生産者が回収・処理費用の全てを負担
4) EU指令の実行(10条)	1) 加盟国は2002年4月迄にEU指令を遵守するための国内法を発効
6) 新型車の環境負荷物質に関する規制(4条)	1) 2003年7月以降の販売車は原則として鉛、水銀、カドミウム6個のみの使用禁止(適用除外13品目、継続検討5品目規定)

* Masatoshi Sugimoto 材料技術部

2 - 2 . 国内動向

1997年5月通産省(当時)はELVの適正処理・リサイクルを一層促進するため「ELVリサイクルイニシアティブ」を発表。それを受け、日本自動車工業会は、1998年2月「ELVリサイクル自主行動計画」を策定、公表した。その概要を表 - 2 に示す。

前記、EU指令に基本的には準拠しているが、リサイクル可能率・実効率の達成年度が日本の方が少し前倒しになっていること及び日本はエネルギー・回収分の制約がないなどに違いがある。

表 - 2 自工会「ELVリサイクル自主行動計画」概要

1) 自動車製造事業者として取り組む事項 (1) 数値目標		
	2002年以降	2015年以降
・新型車	リサイクル可能率 90%以上	-
・使用済み自動車	リサイクル実効率 85%以上	リサイクル実効率 95%以上
・埋立て処分量	'96年の3/5以下	'96年の1/5以下
・鉛使用量	'96年の1/2以下	'96年の1/3以下
(2) 新型車リサイクル可能率向上への努力 設計段階における事前評価ガイドラインの設定		
(3) リサイクル可能率の定義と算出方法に関するガイドラインの設定		
(4) エアバッグ、フロンの処理を容易にするための工夫と関連事業者への情報提供		
(5) 鉛使用量削減目標に向けた努力		
2) 関連事業者全体で取り組む事項への協力		
(1) リサイクル実効率向上への基盤づくりと整備に協力 ・ELV分解技術、取外し部品のリサイクル技術開発 ・ELVシュレッダ-ダストの減容・固化・乾溜ガス化技術開発		
(2) 費用負担問題を含む社会システムの構築、関連施設の設置		
(3) 再生材料の流通基盤などにつき政府等への提言の実施		

2000年7月から2001年1月までに、経済産業省、産業構造審議会 環境部会 廃棄物・リサイクル小委員会「自動車リサイクルWG」(座長：永田勝也 早稲田大学教授)では、自動車リサイクルをめぐる内外の情勢を踏まえ、自動車リサイクルシステムのあり方について、多くの自動車ユ-ザや関係者に支持される「ジャパン・モデル」の立案・法制化を旨とし審議が重ねられてきた。

その結果、前記リサイクルイニシアティブ具現化のためのあるべき姿の立案、関係者の役割・分担、新たなリサイクルシステムの構築、費用負担及び費用徴収方法などを盛り込んだ「自動車リサイクル法(仮称)」の原案が策定された。

現在、【自動車のリサイクルの促進に向けて<新たなリサイクルシステムの構築に向けた基本的な考え方>(案)】のタイトルのもと「パブリ

ックコメント」として経済産業省自動車課が広く関係者の意見収集とまとめを実施している段階である。

今後、残された課題に対する審議、法案ドラフト策定、内閣審議、国会審議などを経て、遅くとも2002年春には法制化される予定である。

3 . 自動車メ - カの対応

前記、EU指令および国内「自動車リサイクル法」などの動向から、カ - メ - カの動きも活発化してきている。

その代表カ - メ - カの基本的な取り組み方針・実施事項について表 - 3 に概要を示す。²⁾

表 - 3 カ - メ - カの取り組み概要

項 目	取り組み方針・実施事項
1)リサイクル性の向上	1)2015年リサイクル実効率95%に寄与するリサイクル設計の推進 リサイクル設計の車両への織込み(2005年度) 将来のリサイクル処理技術を踏まえた解体性の向上、リサイクルし易い材料への変更など 2)リサイクル材の用途拡大の推進 3) 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) の視点を織り込んで推進
2)リサイクルシステムの整備	1)2015年リサイクル実効率95%実現へ向けた社会的な取り組み リサイクル処理技術の開発推進 [95%リサイクル処理技術の実証と提案(2005)] 関連業界との連携による製造から廃車処理までのリサイクルシステム構築への参画 [いずれの取り組みも3Rの視点を織り込む]
3) 環境負荷物質含有量の管理・低減	1)化学物質のグローバルな管理と世界トップレベルを目指した取り組みの推進 管理対象物質の拡充とフォロ-体制の強化 下記物質の使用禁止・低減を推進 ・使用禁止 [水銀, カドミウム, 砒素など] ・使用低減 [鉛, 6価クロムなど]

4 . 豊田合成の対応

4 - 1 . 環境取り組みプランと環境組織体制

当社は、1996年に「第2次環境取り組みプラン」を策定、2000年度を最終年度として目標を設定し活動してきたが、その達成が出来たため、2000年12月に、より高い目標を掲げた「第3次環境取り組みプラン」へ全面改訂した。

今後は、更なる環境に配慮した製品・技術開発や排出物を出さない生産活動の追求など、豊田合成グループをあげて、この「取り組みプラン」に基づき、着実に取り組むこととした。

第3次環境取り組みプランの策定と合わせて、環境取り組み体制も一新した。新体制では、「環境委員会」を軸に総合的なマネジメントを推進、

「製品・技術環境」と「生産環境」の2分科会で展開し、全社を統括して見ることのできる体制とした。図-1に豊田合成の環境取り組み体制を示す。

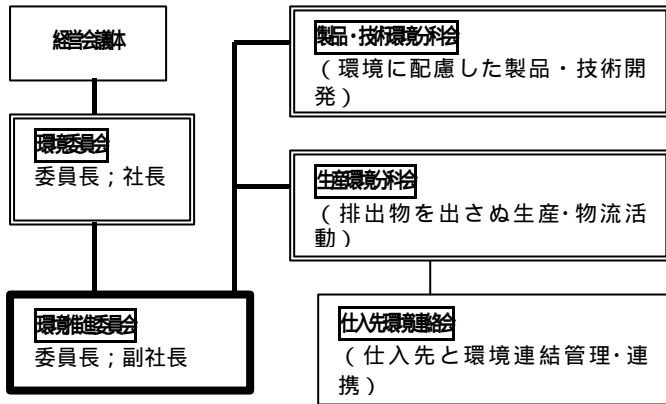


図-1 豊田合成の環境取り組み体制

製品・技術環境分科会及び生産環境分科会の下部組織として課題解決型の各WGを設定し対応している。又、WGは必要に応じて臨機応変に新設していくこととした。

4-2. 豊田合成における環境技術への取り組み

豊田合成の環境技術への取り組みとしては、「自動車の環境対策」と「自動車のリサイクル」の両輪で推進している。

「自動車の環境対策」では、都市環境対策、地球環境対策、クリーンエネルギーの3項目で推進。その最近の事例を表-4に示す。

表-4 自動車の環境対策事例

	主要事例
都市環境対策	1) 燃料排出ガス低減 ・エバポ規制対応製品開発 ・ORVR ^{注1)} 規制対応製品開発等 2) 騒音低減 ・遮音, 吸音材 ・Active Controlエンジンマウント 等
地球環境対策	1) 燃費向上 ・軽量化部品開発 ・インテグレート化 等 2) 環境負荷物質削減 ・鉛化合物 ・6価クロム ・PVC 等
クリーンエネルギー	1) クリーンエネルギー車 ・ハイブリッド車対応部品開発 ・EV車, FCEV車対応部品開発

注1) Onboard Refueling Vapor Recovery

次に「自動車のリサイクル」については、リサイクルし易い設計・製品開発、新規リサイクル技術開発、リサイクル材の車両搭載、

ELV部品リサイクルの4項目で推進している。

5. 豊田合成におけるリサイクル活動

5-1. リサイクル活動への考え方

車のライフサイクルを考えた取り組みとして、開発段階における「リサイクル設計」、生産段階における「工程内リサイクル」、使用・廃棄段階における「ELV部品リサイクル」以上3項目を展開中である。

また、確立された工程内リサイクル技術がELV部品リサイクルへ反映できることを考慮した取り組みを推進している。

5-2. 工程内廃棄物の削減

工程内廃棄物削減のための取り組み優先順位としては、発生源対策、社内リサイクル、再資源化(社外リサイクル)であり、この3本柱で取り組んできた。

2000年度実績では、1991年度を100%として、約84%削減することが出来た。その推移を図-2に示す。

今後は、ゼロエミッションをめざした廃棄物低減、省資源活動を推進し、2003年度末までに埋立て廃棄物ゼロをめざす。

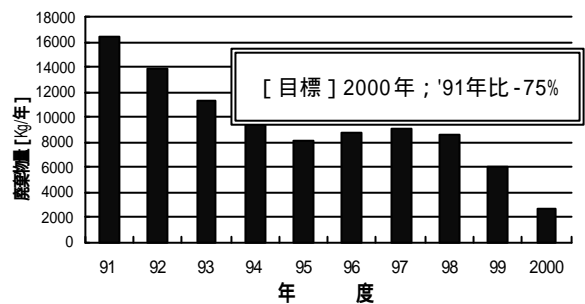


図-2 工程内廃棄物量推移

5-3. 自動車部品のリサイクル

これまで、「新型車リサイクル可能率90%、2002年達成に対応した樹脂・ゴム部品の開発」と「環境負荷物質が安全基準以下となる車の開発に対応した樹脂・ゴム部品の開発」を基本的な考え方として取り組んできた。

すなわち、自動車部品のリサイクルは「環境配慮型製品開発」そのものとのとらえ方をしている。

この事を念頭に、既販車対応と新型車対応に区分し展開してきた。

6. 既販車対応の自動車部品リサイクル

既販車対応の自動車部品リサイクルについては、特定部品のリサイクル技術確立をめざし、これまでに、ほぼその目標を達成できた。

6-1. ELVウェザーストリップのリサイクル

ゴム部品ではウェザーストリップ（W/S，材質；EPDM）を選定し、2種類のリサイクル技術検討を実施した。

ひとつは「ゴムチップによる弾性舗装」である。本件については前報（その2）にて報告済みであり詳細は割愛するが、豊田合成「厚生年金基金グラウンド」のクラブハウス前通路と社外「ゴルフ場」歩経路に1995年10月に試験施工した。以来、5年以上経過したが、今日まで問題なく経過し実証ができた。

もう一つは97～99年度にかけて日本自動車工業会と日本ゴム工業会との共同研究にて「使用済み自動車のEPDMゴム製ウェザーストリップのリサイクル技術」に関する実証実験を実施した。

回収対象部品として、ドア・ガラスラン（ソリッドゴム）とドア・W/S（スポンジゴム）を選定し、再生ゴム（パン法，連続脱硫法）と微粉末（常温粉砕法）によるリサイクル材料性能評価と適用製品として型物製品であるプラグホル，ドアストッパ - の製品性能評価を実施した。

その時の検討フロー - を図 - 3，連続脱硫法再生ゴム製造工程を図 - 4，製品性能評価結果の一部を表 - 5に示す。

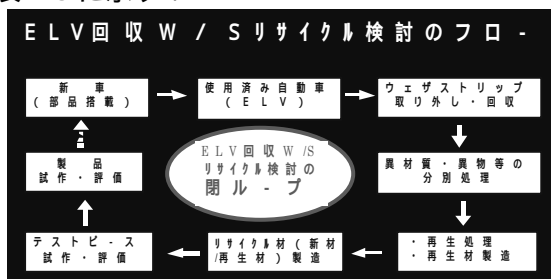


図 - 3 ELV回収W/Sリサイクル検討フロー

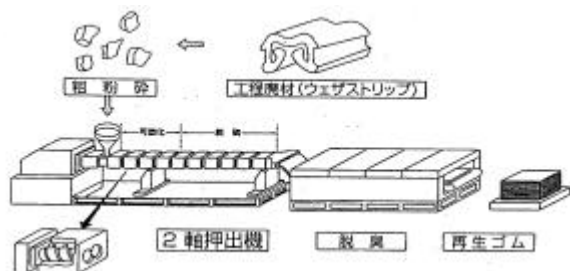


図 - 4 連続脱硫法 再生ゴム製造工程の概要

表 - 5 製品性能評価結果

	現行材 (新材) 100%	再生ゴム 連続脱硫 50%混合	粉末ゴム ソリッド品 25%混合
材 質	NR/SBR	EPDM	EPDM
製品成形性			~
挿入荷重性			
抜け荷重性			
シ - ル性			
組付け性			
耐オゾン性			
耐汚染性			
総合評価			[注]

「注」新材のベ - ス配合の工夫により改善可能

結論として、ELV回収ガラスラン（ソリッドEPDM）の連続脱硫法による再生ゴムは、加工性、材料物性、製品性能とも優れており、当初予想した以上の結果が得られ、今後の活路を見出すことができた。³⁾

6-2. ELVホイ - ルキャップのリサイクル

一方、樹脂部品では「ホイ - ルキャップ（材質；PP）を選定し、「ELVリサイクル材を適用したホイ - ルキャップ」を考えた。

ELV [トヨタ車] から回収したホイ - ルキャップ [豊田合成製] を材質選別 粗粉砕 粉砕・圧縮 塗膜除去（機械式） リペレット サンドイッチ射出成形（コアヘリサイクル材適用）の工程で試作した。製品性能評価まで実施した結果、実用上、問題ない結果が得られ、技術確立できたと考えている。

7. 新型車対応の自動車部品リサイクル

新型車対応の自動車部品リサイクルについては、前項で述べたように「環境配慮型製品開発」そのもので、重点項目，取り組み事項の概要を表 - 6に示す。

表 - 6 豊田合成における自動車部品のリサイクル技術

重点項目	取り組み事項
リサイクル設計・製品開発	・リサイクル容易な素材・製品構成 ・解体（取外し・分解）容易な製品設計
新規リサイクル技術開発	・識別技術 ・複合品素材分別技術 ・前処理技術 ・再生処理技術
リサイクル材の車両搭載	・自動車関連リサイクル材 ・非自動車関連リサイクル材
環境負荷物質の削減	・鉛化合物 ・PVC ・6価クロム ・エステル系可塑剤 等

これらの取り組み事項に関し、最近実施してきた豊田合成の事例について以下，列記する。

7-1. リサイクルしやすい製品設計 事例

7-1-1. ポストPVC部品開発

PVC部品を初め、現在、タイヤを除くゴム・樹脂部品の殆どは、廃車後シュレツダ-ダスト(ASR)として埋立て処分されている。

今後、この埋立て量を減少させる一手段として、シュレツダ-ダストの乾溜ガス化、固形燃料化などが計画されている。

このためシュレツダ-ダスト燃焼時のダイオキシン対策のためPVC使用量低減が必要となる。

豊田合成としても、現行PVC部品のポストPVC化を急速に展開中である。

図-5は、この1~2年の間に、新規TPO材料などPVC以外の材料を適用し量産化した11品目である。

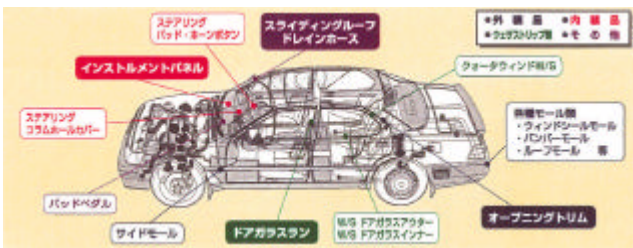


図-5 ポストPVC適用部品・部位

この内、オ-プニングトリム(図-6)、インストルメントパネル(図-7)、ドアガラスラン(図-8)、サンル-フドレインホ-ス(図-9)について、それぞれ具体的な製品・材料構成を示す。



図-6 オ-プニングトリム



図-7 インストルメントパネル



図-8 ドアガラスラン

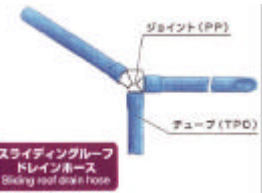


図-9 スライディングドレインホ-ス

クロン(選別)を利用し、クッション層(発泡PP)を取り除き、スキン層(PVC)とバックング層(PP)をそれぞれ、単品で分別可能なシステムである。高純度(99.9%以上)、高回収(約70%以上)がポイントで、再び元の表皮へリサイクル(新材へ50%ブレンド)していることに工程内循環型システムとしての価値がある。

この全体の工程フロ-を図-10に示す。

詳しくは、本報[資料]「自動車用内装表皮材のリサイクル技術」にも掲載されている。

7-2. 新規リサイクル技術開発 事例

7-2-1. 3層インパネ表皮リサイクル技術

表皮付き内装品の代表例としてはインストルメントパネル、コンソ-ルなどが挙げられる。

従来からの当社のソフトインパネ表皮は、スキン層(PVC)、クッション層(発泡PP)、バックング層(PP)と3層構造で構成されており、リサイクル時には、それら「異材質の分離」が必要となる。

当社では、同質材料化(オ-ルオレフィン化など)と同時に、今後とも併行流動予定の前記異質材の分離を目的とした「多層プラスチック分別装置」を開発し、3層インパネ表皮のリサイクル化を実現した。

リサイクルシステムとしては、粉碎後、クリ-ニングセパレ-タ(粉碎・剥離)とハイドロサイ

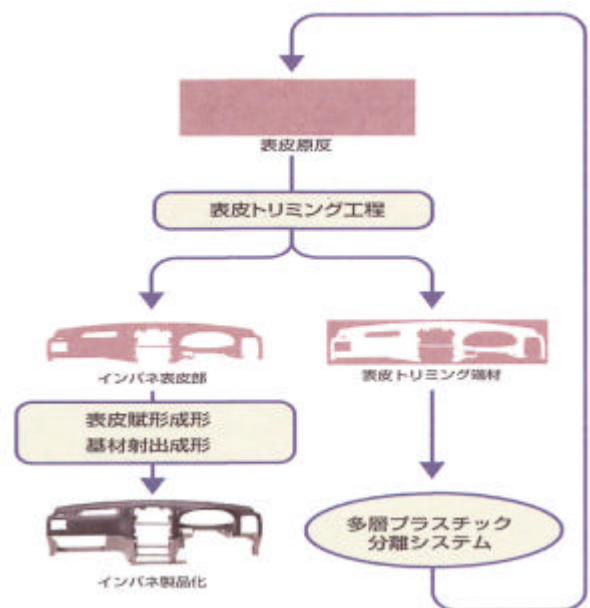


図-10 3層インパネ表皮 リサイクル システム

7-3. リサイクル材の車両搭載 事例

7-3-1. エアバッグ基布端材のリサイクル

当社の主力製品のひとつであるエアバッグは、66ナイロンの基布をトリミングして縫製している。

現在、運転席(D席)、助手席(P席)、サイドの各エアバッグモジュールの車への装着率の高まりと共に、端材量も確実に増加している。

当社では、過去は土木用フェルト資材として社外リサイクルしていたが、より付加価値の高い再利用法の開発を進めてきた結果、自動車用樹脂部品としてリサイクルすることに日本で初めて成功した。

リサイクルのプロセスとしては、まず端材を熱溶解処理後、再ペレット化し再生66ナイロン樹脂とする。その後、真空乾燥処理、品質確認を行い、射出成形して自動車部品として再利用する。このリサイクル工程を図-11に示す。

現在、適用先部品としてはエンジンとキャニスタ-を連結しているフューエルベ-パホ-スの流動脈動音を減衰する機能を持つ「バキュームサ-ジタンク(エンジン関連部品)」であるが、再生量の一部であるため、その他の自動車部品としての適用先検討を実施中である。(現時点、残りは自動車以外の用途に社外リサイクル)

上記以外に、さらに付加価値を高める新たなリサイクル技術開発にも挑戦中である。

7-3-2. リサイクルPETエンジンカバ-

自動車用部品のリサイクル材使用比率の増加と付加価値の高いリサイクル材の適用をねらいとして開発した。

従来、PETボトルリサイクル材の自動車への適用としては、不織布として吸音材への適用が主体であった。

PETボトル材料は、もともとプロ-成形用のため流動性が悪く、今回のエンジンカバ-など大型射出成形品への適用は極めて困難であった。

このため分子量調節による流動性向上と結晶核剤添加、金型温度制御による射出成形性向上により、大型エンジンカバ-への適用に成功した。

又、衝撃性を改善するため、ポリマ-アロイ化とエンジンカバ-本体の形状の工夫にて、従来の66ナイロン樹脂製エンジンカバ-と同等以上の耐衝撃性能を達成できた。

写真-1に適用製品例および図-12にリサイクルPETエンジンカバ-の工程図を示した。



写真-1 リサイクルPET適用製品例

8. 今後の豊田合成の対応方針と実施事項

2001年度以降の取り組みについては、2000年12月「豊田合成 第3次環境取り組みプラン」として公表したが、その内、今回の報告主体である「自動車部品のリサイクル」に関連する対応方針と実施事項について表-6に抜粋した。本内容は同時期に発行した「豊田合成環境報告書2000」にも掲載した。

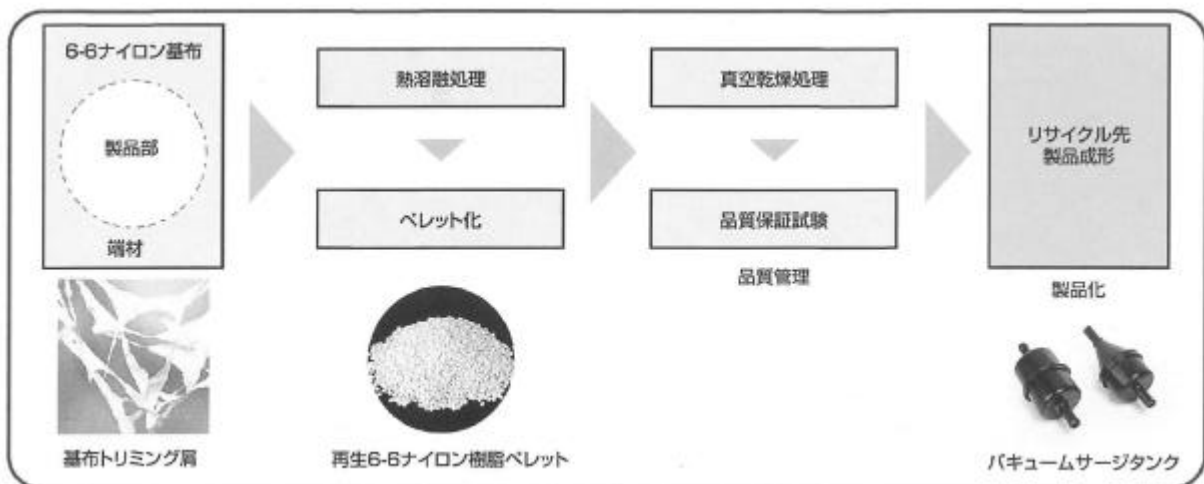


図-11 エアバッグ基布端材のリサイクル工程



図 - 1 2 リサイクルPETエンジンカバー - 工程

表 - 6 自動車部品リサイクルに対する 豊田合成の取り組み内容

項目	取り組み方針	実施事項・目標
・部品リサイクル性の向上	・ELV部品リサイクル性向上のための技術開発	1) リサイクル設計・製品開発 ・リサイクル容易な素材・製品構成の設計 ・解体容易な製品設計 2) ELV部品のマテリアルリサイクル技術開発 ・解体可能部品のリサイクル技術 ・リサイクル難部品のリサイクル技術 ・リサイクル材の用途開発 (自動車・非自動車)
・循環型社会づくりへの参画	・ELV部品リサイクル技術・用途開発	1) 自動車工業会, 部品工業会等への積極的参画 2) カ-メ-カと連携を持った活動推進
・環境に優しい負荷の少ない製品・技術開発	・資源の有効活用および自然循環型素材の活用	1) 廃棄資源の有効活用 ・PETボトル, 故紙 等 2) 天然素材の活用 ・生分解性プラスチック ・天然繊維 等
・環境負荷物質の管理・低減	・環境負荷物質の計画的削減	1) 削減対象物質の計画的削減 ・対象物質の設定と見直し ・対象物質毎の計画に基づいた削減の推進 (鉛化合物, 6価クロム 等) ・VOCの削減も併せて計画的に推進 (トルエン・キシレン等)
	・製品含有物質管理の定着化・拡充	1) 「製品含有環境負荷物質管理システム」による立上り車両用部品に対する含有量管理

9. おわりに

以上、自動車・部品リサイクルの動向と豊田合成の最近の対応状況および今後の進め方についてまとめた。

最後にまとめと今後の動向に関し、以下、所感を記す。

1) 「豊田合成環境取り組みプラン」策定としては、第1次(1993年)、第2次(1996年)、第3次(2000年)と約8年が経過し、今日、ようやく、その活動が事業部、機能部とも、定着化し始めた。

2) 経済産業省は、「循環経済ビジョン」として、「21世紀、日本経済の最大の課題は環境・資源節約であり、世界に先駆けた循環型経済システムの構築が急務である」と表明している。

また、「その結果、2010年の環境関連産業の市場規模が40兆円規模に成長する」と予測しているように、まさにビジネスチャンスであることも念頭に事業活動していく必要がある。

3) 現在、我々はQ(品質)・C(コスト)・E(環境)のバランスを採りながら「環境配慮型製品開発」を実施している。

今後は、この手法としてカ-メ-カでも取り組みを開始した「LCA; ライフサイクルアセスメント」を導入していくことが重要である。⁴⁾

LCAは、資源採取から廃棄までの製品の一生の中で、製品が使用するエネルギー、資源と製品が排出する環境負荷物質を定量的に分析し、総合的な環境影響を評価する手法である。

4) 世界人口の増加、開発途上国の発展から、2010年頃には原油可採埋蔵量がピ-クになり、その後、急激に減少していくとされている。

カ-メ-カは既に、その対応としてハイブリッド車、FCEV車などポストガソリンへの対応を開始している。

豊田合成としても、ゴム、樹脂の原材料であるナフサの高騰、来るべき資源枯渇に備え、ELV部品のリサイクルを初め、的確な対応を自動車メ-カ、部品業界、原材料メ-カなどと連携をとりながら、自動車用高分子部品専門メ-カとしての義務と責任を果たしていきたい。

5) 2000年は「循環型社会立法元年」と言われたのに対し、2001年は「循環型社会実行元年」と言われている。

このためには、「環境と経済の一体化」、
「取り組み方策の拡充 [1 R (Recycle) 3 R (Reduce, Reuse, Recycle)]」の考えのもとに展開していくことが重要で、このことが循環型社会形成に繋がると考える。

豊田合成としても、これらのことを念頭に、今まで以上、真剣に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 伊藤英章：循環型社会の設計と難処理人工物，自動車技術会中部支部報「宙舞」，No. 50，P.73～76(2001)，名古屋大学
- 2) トヨタ自動車株式会社：「環境報告書2000」，P.24～26(2000年8月)
- 3) 河西純一，猪飼忠義，杉本正俊，濱田 裕，加藤公一，里田秀敏：自動車技術会1999年春季学術講演会前刷集，No.42-99，P.9(1999)
- 4) 山戸昌子：エンジンテクノロジー - ，November，P.8～12(2000)，トヨタ自動車