

家電製品とリサイクル

Hitachi's Product Recycling on Household Electric Appliances

福島 哲郎*

Tetsuro Fukushima

1. はじめに

ここ、数年になって国内外における環境問題が、大きな社会的課題としてクローズアップされてきた。なかでも地球環境問題である「オゾン層保護」、「地球温暖化防止」、「産業廃棄物」、ならびに「資源再利用化」が大きな問題となってきた。ここでは循環型社会の構築としての「資源再利用化」として、家電製品のリサイクルについて述べることにしたい。特に、日立製作所における家電製品では、プラスチックのリサイクルに力を入れており、この取組みの現状と実際の製品事例と、最近ドイツを中心としたリサイクル法案についても併せて紹介することにしたい。

2. 国内のリサイクル関係法案について

平成3年('91年)10月に表1に示す如く「再生資源の利用の促進に関する法律(以下、リサイクル法と呼ぶ)」が施行された。また、このリサイクル法と車の

両輪になっている「廃棄物の処理および清掃に関する法律」の改正が、平成4年('92年)7月に施行された。この2つの法律の目的は、①資源の有効利用と、②廃棄物の抑制にある。リサイクル法では、第1種指定製品として、家電4製品(冷蔵庫、洗濯機、テレビおよびエアコン)と自動車指定された。さらに、平成5年('93年)6月には、追加指定製品としてニカド電池内蔵製品(パソコン、ビデオカメラ、ワープロ、電気カミソリなど)が指定された。指定された製品は、廃棄後の再資源化を目指して、①製品の開発時に事前評価を行なうこと、②樹脂部品の材質表示の義務付け、ニカド電池内蔵部品では、③電池取外しが消費者が容易に出来る構造などとなっている。

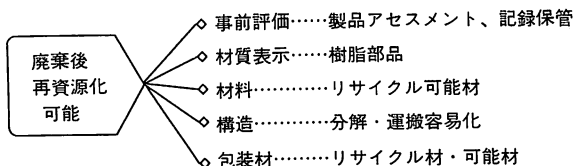
一方、表2に示すように、廃棄物処理法では、事業者責任の強化と家族から排出される一般廃棄物のうち自治体で処理が困難な物を厚生大臣が指定できることになっている。すでに、適正処理困難物指定に向けて、全国3000カ所の自治体への調査が実施され、'93年中

表1 リサイクル法

1. 目的
資源の有効利用と廃棄物抑制

2. 指定製品(第一種)
冷蔵庫、洗濯機、テレビ、エアコン、自動車

3. 事業者の製造工夫義務



[再生資源の利用の促進に関する法律(通産省)]
平成3年10月25日施行

* (株)日立製作所 環境本部地球環境推進センタセンタ長
〒100 東京都千代田区丸の内1-5-1 新丸ビル

表2 廃棄物処理法関係

| 法律 | 施行 | 要 点 |
|-----------|--------|-----------------------|
| 廃棄物処理法改正 | H4.7.4 | ・厚生大臣の処理困難物指定 |
| | | ・製造者は市町村要請に協力要 |
| 東京都清掃条例改正 | H5.4.1 | ・知事の処理困難物指定 |
| | | ・事業者の自主回収義務、知事の回収命令 |
| | | ・事業系一般廃棄物の規制強化（受入拒否等） |

には、家電製品の何点かが指定される可能性がある。もう一つ、注目すべき条例が制定されたが、これは東京都清掃条例（表2）である。ここでは、事業所から排出される、紙、プラスチックならびにOA機器の一般廃棄物を受入拒否などの規制ができることにした点である。すでに一部OA機器を製造、販売者へ廃棄時、引取りを指導している動きもでている。

これら、いくつかの法律の動向を考えると、事業者への規制強化が目立っている。今後は、リサイクル法の目的である、資源をいかに有効活用するか、また廃棄物の抑制をいかに考慮していくかが主要であり、社会の大きな潮流となっていることを認識して対応しなければならない。循環型社会構築に向けて、事業者、消費者ならびに行政が、新たな社会システムを作っていくにはどうすべきか、真剣に考える時に来ている。

3. ドイツのリサイクル法案などについて

国内から目を海外に向けると、ECのなかでもドイツの動きが特に目立っている。ドイツの動きの中で、最も重要な点は、製品を作った製造者が、製品ならびに包装材とも廃棄された場合、責任を負うべきだとしている点である。つまり、その責任が今までの排出者から製造者に転換して来ている点である。表3には、日本とドイツにおける廃棄物法とリサイクル法を比較しているが、ドイツでは'93年には、使い捨て社会から脱却して循環型経済社会を目指して「廃棄物法の改正」が行なわれている。

例えば「ドイツ包装材規制法」（表4）をみると、輸送用段ボール、発泡スチロールなどは、'91年12月以降、製品の製造者、流通業者が引き取る義務を負わせている。しかし、本規制法の真の狙いは、包装材の回収と再利用率を向上させることにある。特に、回収した包装材の再利用については、'93年1月以降、ダンボール60%以上、プラスチック30%となっている。更に'95年7月以降に至っては、ダンボール、プラスチックとも80~90%レベルの高い再利用することを規定しているのが特徴である。

筆者は、'92年6月と'93年3月に環境関係の視察でドイツに2週間ほど滞在したが、紙パック容器、アルミ缶などが、リサイクルのためビン類に置き換っており、缶類を見つけるのはむずかしい程に変化していた。

表3 ドイツと日本のリサイクル・廃棄物法

| 年 度 | 日 本 | | ド イ ツ |
|------|-----------------------------|----------------------------|---|
| | 厚 生 省 | 通 産 省 | 環 境 省 |
| 1950 | 1954 (S29) 清掃法 | | |
| 60 | | | |
| 70 | 1970 (S45) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律 | | 1972 廃棄物処理法 |
| 80 | | | 1986 廃棄物法 |
| 90 | 1992 (H4) 同上法律の改正 | 1991 (H3) 再生資源の利用の促進に関する法律 | 1991 包装材規制法 1993 廃棄物法の改正 (予定) 1994 廃棄電子電気規制法 (予定) |
| 2000 | | | 1994 廃棄自動車規制法 (予定) |

表4 ドイツ包装材規制法

1991年6月21日 政令公布

廃棄物規制及び管理法 (新廃棄物処理法, 1986年11月1日施行)に基づく。

| 材料の種類別 | 対象者 | 義務の発生 |
|------------------------------|--------------|--------------|
| 輸送包装材 (段ボール, 発泡スチロール等) | 商品の生産者, 流通業者 | 1991年12月1日以降 |
| 追加包装材 (プラスチック容器, 銀紙, 紙箱等) | 流通業者 | 1992年4月1日以降 |
| 販売包装材 (箱, てさげ袋等) | 商品の生産者, 販売業者 | 1993年1月1日以降 |

規制値

| 全発生量に対する回収率 | '93.1.1 | '95.7.1 |
|-------------|---------|---------|
| ダンボール | 30%以上 | 80%以上 |
| 他の紙類 | 30 | 80 |
| プラスチック | 30 | 80 |
| ガラス | 60 | 80 |

| 回収品の再利用率 | '93.1.1 | '95.7.1 |
|----------|---------|---------|
| ダンボール | 60%以上 | 80%以上 |
| 他の紙類 | 60 | 80 |
| プラスチック | 30 | 80 |
| ガラス | 70 | 90 |

買物をする場合でも手さげ袋を持参している主婦が多くみうけられ、意識の高さが感じられた。また、スーパーマーケットでも、ノーパッケージ運動が活発化しており、鮮魚類にしろ、野菜類についてもパッケージされたものを買わないため、裸で店頭にならんでいるのが目立っていた。

先に述べた、包装材規制法は、'93年1月からはフランス、オランダにおいても、ドイツと同じように施行されており、EC全域に拡大しつつある。

ドイツでは、包装材規制法に続いて「廃電子・電気製品スクラップ法」が、'94年7月から施行が予定されている(表5)。当初'94年1月であったが、ドイツの業界でむずかしいとのことで、7カ月ほど先にのびて実施方向にある。この規制法は、家庭などから排出される電子・電気製品に対し、製造者が無償で回収、処理することを義務付けている。現在は、有償か無償かで行政と製造者が議論されている。この法は回収、処理ルートに有しない製品の販売を禁止する厳しい内容となっている。対象製品の品目をみると、家庭用電子・電気機器以外にも、電動工具、コンピューター・

表5 ドイツ廃電子・電気器具規制法

実施時期 1994年1月1日

1. OA機器, 情報システム, 通信, ワークステーション, プリンタ, コピー, ファックス, 電話
2. 30cm(11.8インチ)以上のTVセット, 冷蔵庫
3. 照明ランプ, 医療機器, 現金引出機
5. 測定機器
6. 録音・録画再生装置
7. 広帯域交換システム(スイッチングシステム)
8. 洗濯機, 乾燥機, 食器洗機等, 大型ホワイトグッツ

実施時間 199X年1月1日

1. 30cm以下のTV, ラジオ, チューナ, アンプ, レコードプレーヤ, CDプレーヤ, スピーカ, 記録装置
2. コーヒーメーカ, 電子レンジ, 電気髭剃機等, 小形ホワイトグッツ
3. 卓上計算機, 時計

周辺機器, 照明器具ならびに医療用機器など種類も多い。この法律は、輸入製品にも適用されるため日本メーカーも回収、処理ルートをいかに構築するか時間がないだけ大変である。

自動車関係(表6)では、リサイクル優先から、'94年1月から、'96年度新車に対し、プラスチック20%、ガラス30%、タイヤ40%を再利用しなければならない。また、2000年度には、プラスチック、ガラスとも50%上となっている。この比率は、重量比のため、リサイクル材使用可能設計ならびに回収ルートが重要となってくる。このため、ドイツの自動車メーカー、例えば、VWでは、アッセンブリー工場の隣に廃車解体、リサイクル工場を設置対応しようとしている。日本のメーカーは、日本自身が循環型社会システムとなっていないため、リサイクル材を収集するところから

表6 廃棄物自動車規制
再利用・再資源化率の目標(%wt)

| 材質 | 1996年 | 2000 | 参考(1992) |
|--------|-------|------|----------|
| 鉄鋼 | 100% | 100 | 100 |
| 非鉄 | 85 | 90 | 80 |
| プラスチック | 20 | 50 | 5 |
| タイヤ | 40 | 50 | 20 |
| エラストマ | 20 | 30 | 0 |
| ガラス | 30 | 50 | 20 |

1. 部品および材料の再利用・再資源化
2. 再利用・再資源化状況、廃棄物量の定期報告
3. 施行: 公布後, 3暦月日の第1日

始めなければならず、かなりの苦戦が考えられる。この自動車関係のリサイクル材の動向は、廃電子・電気製品にも波及することが考えられる。

以上のように、ドイツからECに拡大しており、リサイクルを中心とした製品開発、設計ならびに材料開発が必至の状況にあるのだという現状認識が重要である。

4. 当社におけるリサイクル計画について

日立の環境体制は、昭和46年（'71年）に「環境整備推進センター」として発足したが、最近の地球環境問題の対応強化を目的として、平成3年（'91年）6月に社長直属の「環境本部」（本部長：福富副社長）として再編成した。日立としては、環境関係の組織が発足してから、ちょうど20周年目に当たった。

この「環境本部」の中に「環境委員会」を設置しており、このうち「製品再資源化委員会」がリサイクル活動を担当している。表7は、「製品再資源化」行動計画を示しており、対象製品は、当面、家電全製品、OA機器ならびにコンピュータ・周辺機器に対し、'95年までに達成するため目標値を定め推進することにし

表7 製品再資源化委員会の目標値

| No | 項目 | 目標値 | 基準 |
|----|--------------|-----|--------------------------|
| 1 | 分解時間低減 | 50% | '95年新製品達成 4/上 (92/上) |
| 2 | リサイクル可能率向上 | 30% | 7/下 (95/下) 4/上 (92/上) |
| 3 | 梱包用発泡スチロール削減 | 50% | 7/下 (95/下) 2/下 (90/下) |

対象製品：家電、OA、コンピュータ・周辺機器

た。

リサイクル性を重視した設計法には、リサイクル可能な材料を多く使用するのは当然であるが、製品が廃棄された場合、いかに分解性が良いかがポイントとなる。その分解性設計の評価ツールとして、表8の「分解性評価法」を開発しようとしている。日立では、以前から「組立性評価法」を開発して数値化し利用してきたが、これを分解性に再展開し、分解性を数値化し評価しようと考えている。その上で、今まであまり考慮されていなかったリサイクル性としての設計法で、重要なことは①プラスチックなどの材料を、リサイクルできる材料へ統合化するとともに単一化する、②部

表8 分解性評価法

手法：組立性評価法を逆展開し、分解性を数値化

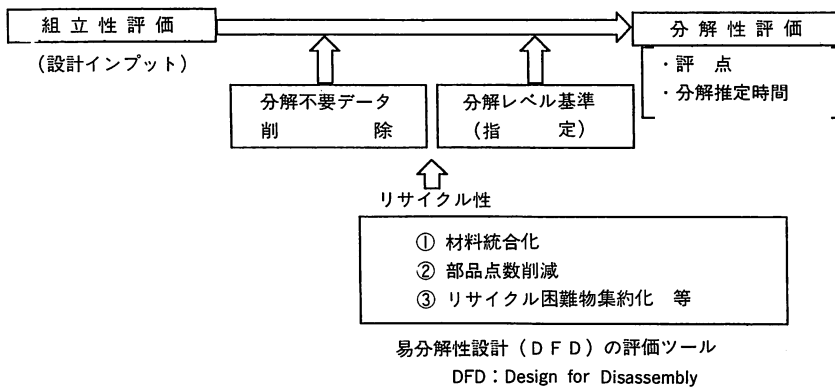
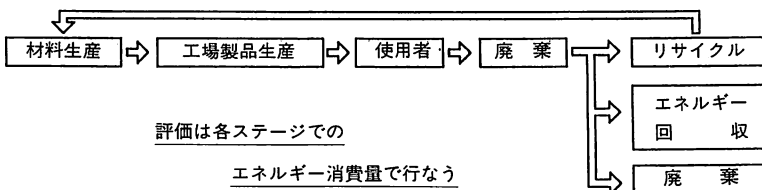


表9 環境影響性評価法の開発

1. 手法 全ライフサイクルでの環境負荷を数値化



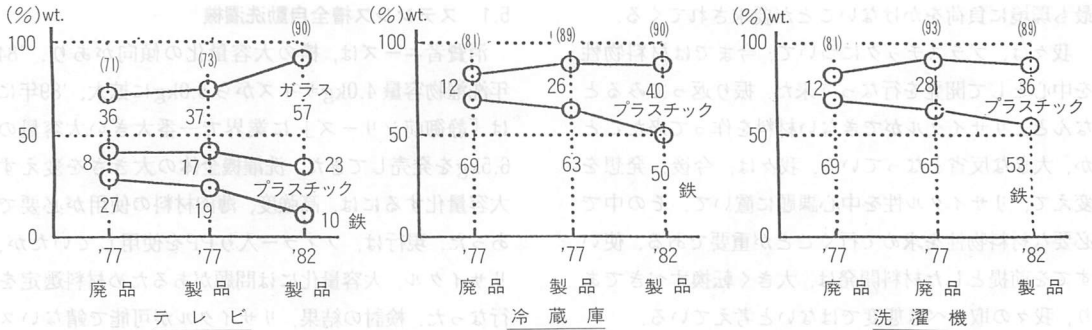
2. 基礎データ プラスチック処理促進協会データ等

設計、材料選定のツール

表10 部品詳細一覧表

(質量単位: g, 再生: 可 (○)、不可 (×))

| 区分 | 部品名 | 部品名詳細 | 数量 | 質量 | 再生 | 材質記号 | 廃形記号 | 分離性 | 備考 |
|------|--------------|----------------|-----|------|----|-------|------|-----|-------|
| 主要部品 | トップカバー | トップカバー (80R3) | 1 | 1250 | ○ | PS | — | ○ | |
| | フタ | フタ (803) マエ | 1 | 310 | ○ | PS | ○ | ○ | |
| | | フタ (803) ウシロ | 1 | 410 | ○ | PS | ○ | ○ | |
| | パネル | フロントパネル (80R3) | 1 | 410 | ○ | PS | ○ | ○ | |
| | パネルボックス | バックパネル (80R3) | 1 | 350 | ○ | PS | ○ | ○ | |
| 外箱 | 外箱 (水受) | ソトソ (F-7) P5 | 1 | 2850 | ○ | PP | — | × | |
| | 種カバー (排水カバー) | ソトカバー (L) | 1 | 300 | ○ | PP | — | ○ | |
| 主要金 | ベース | PPベース (L) P4 | 1 | 1350 | ○ | PP | — | × | 外枠に加算 |
| | 外枠 | ソトワタケ PCM (P4) | 1 | 7770 | ○ | 鋼板+塩酸 | — | ○ | |
| | ワラフタ | ワラフタ O. 32 | 1 | 590 | ○ | 鋼板 | — | ○ | |
| | クラッチ (ブレーキ) | クラッチ (M) | 1 | 3240 | ○ | 鋼板 他 | — | × | |
| モータ | モータ | 120W V80-KP ケミ | 1 | 3740 | ○ | 銅板 | — | ○ | |
| | モータ駆動板 | ラランジ (P-1) | 1 | 3740 | ○ | 銅板 | — | ○ | |
| 梱包材 | 段ボール | 外箱 | 1 | 2400 | ○ | 段ボール | — | ○ | |
| | | ベース段パッキン | 1 | 440 | ○ | 段ボール | — | ○ | |
| | 発泡スチロール | 前面パッキン | 1 | 110 | ○ | 段ボール | — | ○ | |
| | | コーナーパッキン | 2 | 200 | ○ | 段ボール | — | ○ | |
| | | 上クッション | 2 | 80 | ○ | PS | ○ | ○ | |
| | 横オサエクッション | 1 | 100 | ○ | PS | — | ○ | | |
| | ベースコーナークッション | 4 | 80 | ○ | PS | — | ○ | | |



(出典: クリーン・ジャパン・センター)

図-1 指定製品の材料構成

品点数を削減する, ③どうしてもリサイクルできない材料, 部品は, 集約化して, リサイクルできるグループと区別する設計とし分離が容易な構造とする, などである. 次に, 環境負荷の最少化のための設計, 材料選定評価ツールとして, 表9「環境影響性評価法」の開発にも手がけている. この考え方は, 材料から生産, 使用, 廃棄さらにリサイクル時の各工程毎における環境負荷を数値化し, 最も環境影響の少ない製品を開発して行こうとするものである. 日立としては, これら

の「分解性評価法」と「環境影響性評価法」を車の両輪として, リサイクル設計と材料の最適選定を推進して行くことにしている.

現在, リサイクル法で指定された家電製品関係を中心として, 製品の開発設計時, 「事前評価」を行っている. 表10は, 事例としてあげるが, 製品に使用している「部品詳細一覧表」を作成し, 再生の可否, 分解性ならびに, なぜ再利用できないかなど備考欄に記入し, チェックしている. 日立では, 家電全製品について, '91月10月より実施している.

図-1は, リサイクル法指定製品のうち, 主要な冷蔵庫, テレビならびに洗濯機における材料構成を示している. 冷蔵庫, テレビ, 洗濯機ともプラスチックの使用量が年々増加しているのがわかる. 冷蔵庫で例を取ってみると40%がプラスチックとなっている. この割合は, 容積的に見れば, 鉄に比較しても6倍にも達している. このため, プラスチックの再利用の強化が重要となってくる. 日立では, 製品の評価基準を変えようとしている. 今までは, 「経済性」と「機能性」だ

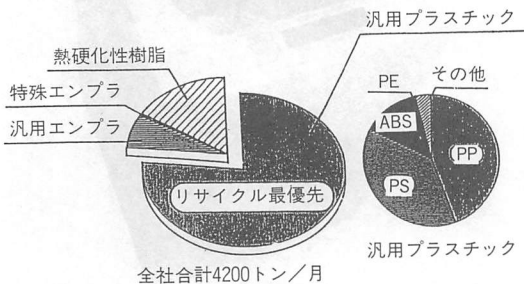


図-2 日立におけるプラスチックの使用状況

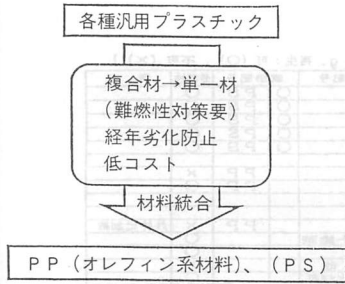


図-3 材料統一への方向

けを考えて来ていたが、今後は、これに加えて「環境負荷性」を考慮して行かなければならない。製造工程についても、廃棄の際、リサイクルの際においても、最も環境に負荷をかけないことが要求されてくる。

我々は、プラスチックについて、今までは材料物性を中心として開発を行なって来た。振り返ってみるとなんと、リサイクルができない材料を作ってきたことか、大きな反省となっている。我々は、今後、発想を変えて、リサイクル性を中心課題に置いて、その中で必要な材料物性を求めて行くことが重要である。使いすてを前提とした材料開発は、大きく転換すべきであり、我々の取るべき態度ではないと考えている。

図-2は、日立におけるプラスチックの使用状況を示しているが、日立は4200トン/月になっている。日立グループ全体では10000トン/月の使用量になっており、日本全体の生産量100万トン/月に比べると、日立は1%を占めている。使用比率をみると汎用プラスチックが約75%であり、リサイクル化として最優先のポイントである。汎用プラスチックでは、PP、PSが大半であり、ABSは冷蔵庫用の内箱として使用されている。このPP、PSをいかに純度を上げて、リサイクル化を図るかが重要である。同じPP、PSでも、フィラーや難燃材が混入されているとリサイクルが困難となる。いかに、リサイクル性を考慮した材料、構造を使用した設計にするかが重要な点である。

まず、プラスチック材料統一への方向は、図-3に示すが、リサイクルのために各種の汎用プラスチックをどうするかである。多くの種類のを材料統一するには、最も理想的な材料として、PP(オレフィン系)を中心として、開発を目指している。PPとして無理の場合は、PSも加えるべきと考えている。

現在、材料メーカーと技術交流を行ないながら、ABSレベルのPP、PSの開発を行なっているが、外観性、剛性、耐熱性ならびに寸法精度をABSレベルに向上

すべく、開発をお願いしている。また、材料技術だけでなく成形加工技術の工夫が必要であり、例えばガスアシスト成形法(中空射出成形)を用い、局部的に気体圧を加えヒケ防止を図るなど材料メーカーと製品メーカーの一体となった検討と協力関係が大切である。お互いの協力により、今までにない材料が製品に登場する可能性がある。現在、廃棄物になった場合リサイクルが困難な、PVC(塩化ビニール)をオレフィン系エラストマ代替化を目指しているが、家電分野でも試みが始まっており、弾性の低下、キズつき易さなどの問題点を解決しながら開発している。

5. 活動成果事例

5.1 ステンレス槽全自動洗濯機

消費者ニーズは、槽の大容量化の傾向があり、'84年洗濯物容量4.0kgサイズから5.0kgに拡大、'89年には「静御前シリーズ」に業界で一番大きい大容量の6.5kgを発売してきた。洗濯機全体の大きさを変えず大容量化するには、高強度、薄肉材料の使用が必要であった。現行は、フィラー入りPPを使用していたが、リサイクル、大容量化には問題があるため材料選定を行なった。検討の結果、リサイクルが可能で錆ないステンレス材洗濯槽を採用することにより大容量化(7.0kg)も達成することが出来た。図-4に示す洗濯機は、'91年に業界初のステンレス槽洗濯機として発売したが、次のユーザメリットとリサイクル性の両立により、好調な販売結果が得られた。ステンレス槽全自動洗濯



図-4 ステンレス槽全自動洗濯機



図-5 かるワザヘッド吸口付掃除機

機の利点(メリット)を次にあげる。

① 洗濯脱水槽のリサイクル性向上

(フィルター入りPP→ステンレス)

② 高速脱水可能 800→1000rpm

(省電力 -23%)

③ 同一外形寸法で洗濯容量増加 8%

(6.5kg→7.0kg)

④ 汚れ、カビに対し強く清潔感がある。

価格はプラスチック製6.5kgを100とすると110%に上昇するため、心配しながら販売しはじめたが、利点(メリット)とリサイクル性を考慮した製品と云うことで消費者の方々との共鳴が得られ、結果として幸いしたと思っている。'93年度に至り、ステンレス製の全自動洗濯機は、各社とも主力機種として発売を発表して、大きな流れとなって来た事は、リサイクル性重視の考えから大変よろこばしい事である。

5.2 “光リモコン・かるワザヘッド”掃除機

'92年11月、吸込口を軽量化し操作性を向上させ、リサイクル性を大巾に向上させた「光リモコン・かるワザヘッド」掃除機を発表した(図-5)。

従来の吸込口は、ジュウタン、タタミをたたきながらゴミを取る方式が主力となったため、ロータリブラシ駆動モータを内蔵していた。このため重い欠点があった。更に手元スイッチ部から駆動モータへの配線(PVC)がホースに埋め込まれていたため、リサイクルが不可であった。これらを一挙に解決するため、軽さのためモータを廃止し、吸込空気流を利用したペルトンタービンを駆動源とするエアオートブラシとした。また、本体へのモータの配線を廃止することを目的として、赤外線リモコンにした。これにより、ホース部の配線をすべて取ることにした。この結果、部品点数と分解時間が30%削減され、配線を削除したためホー

DFD改善事例

| 項目 | 結果 |
|------|--------|
| 分解時間 | 約35%低減 |
| 部品点数 | 約30%削減 |

特徴

1. 吸込口のモータ廃止、
エアオートブラシ(ペルトンタービン)採用
2. ホースと延長管のリード線廃止

DFD: Design for Disassembly

スの単一化とリサイクル可能材使用となった。エアオートブラシとホース材のリサイクル材(オレフィン系エラストマ)の成功は、研究所と共同での精力的な技術開発の努力があった。また、プラスチック素材メーカーの熱意が、リサイクル性向上の素材開発に結び付いたものと思っている。最後に、この掃除機の利点(メリット)を下記したい。

- ① 部品点数削減によるリサイクル分解が容易化。
- ② ホース組込み配線を全て除去したため、材料単一化が可能となりリサイクル性向上。
- ③ モータ廃止による“かるーい”操作性。

6. おわりに

地球環境問題を考えて製品開発を行なうことは、企業としても大きな潮流となっており、さけて通れない。日立は資源再利用問題を一つのきっかけとして、今までの製品作りを見直し、これらが廃棄物となる21世紀をにらみ、環境に適合した再資源化容易な製品作りを目指している。例えば、プラスチック材料開発を一例にとると、今まであまりに物性中心に開発を行なって来たのではないと思われる。ふり返って、リサイクル性の面から見ると、いかにリサイクル性のない材料を数多く開発して来たかと反省させられる点が多い。今後は、リサイクル性を最重要として、その中で、いかに必要な物性なものを開発するかという発想の転換が望まれている。今までの延長線上の材料開発は、今からの開発姿勢としては問題があると思われる。現在、成果も現れつつあるが、これらのプラスチック技術を高めることが環境適応の製品設計を支える重要な手段となろう。プラスチック素材メーカーとの協力を行ないながら、製品再資源化を強力に推進して行きたいと考えている。