

# リユース拡大技術に関する調査研究

## 報 告 書 - 要 旨 -

平成15年3月

財団法人 機 械 シ ス テ ム 振 興 協 会

委託先 財団法人 製造科学技術センター

**KEIRIN**



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです

## 序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人 機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとに、機械システムの開発等に関する補助事業、新機械システム普及促進補助事業等を実施しております。

特に、システム開発に関する事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 放送大学 教授 中島尚正 氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究事業を民間の調査機関等の協力を得て実施しております。

この「リユース拡大技術に関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人 製造科学技術センターに委託して実施した調査研究の成果であります。

今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成15年3月

財団法人機械システム振興協会

## はじめに

地球環境保全と資源有効利用の観点から、持続性のある産業社会の仕組みとして循環型社会の構築が必要とされている。我が国においても、循環型社会基本法のもとで、3R（リデュース、リユース、リサイクル）の普及が進められている。循環型社会においては、資源エネルギーの有効活用や廃棄物の削減、環境汚染防止がもたらされるものとして期待されているが、そのための手段としての3Rのうち、リユースは、有限資源／エネルギーの有効活用をはじめとして広い領域での効果が想定され、重要な手段として認識されている。

しかし現状のリユースには、旧世代機種の部品を利用することに起因して、新製品の設計における制約や、急速に進展する技術を採用できないこと、品質保証の困難さ、旧製品回収の煩わしさ等の乗り越えるべき課題が多い。また、それらリユース製品は限られた産業内を循環するシステムとなりつつあるため、その他の活用への発展性が阻害されている現実もある。

今回の調査研究は、リユースの現状を分析し、リユースを拡大するための課題、障害を明らかにして、それらを克服する手段を提案しようというものである。実際の調査研究にあたっては、技術的側面とビジネスの側面からのアプローチを行った。調査研究の結果、開発すべき技術項目やビジネスの障害になっている制約などが明らかになった。今後、これらの課題を一つ一つ乗り越えていけば、リユースは確実に拡大していくものと思われる。その意味で、今回の調査研究は意義のあるものと言えよう。

一方、それら個々の技術の開発や規制の緩和などがもたらす効果では、現在の社会を大きく変革して循環型社会に導くことは難しい。今回の調査研究では、「リユースを拡大、促進するためには、製品／部品の情報開示や、廃棄物の循環を管理する技術の開発、さらには循環のための社会全体の制度／しくみの整備が必要である。」という結論が得られた。とくに、技術的側面からの調査検討からは、「製品の循環に大きな役割を果たすユーザが、環境に配慮して行動することを支援することに関する技術開発が急務である。」との指摘があった。これは、単にリユースの拡大／促進についてだけ言えることではなく、大きく、循環型社会構築全体についても言えることであり、今後、社会全体としてこれら課題に取り組んでいくことが望まれる。

平成15年3月

財団法人製造科学技術センター

## 目次

### 序

#### はじめに

1．調査研究の目的	1
2．実施体制	2
3．1 循環型環境製造技術体系化の調査研究	8
3．1．1 調査研究の進め方	8
3．1．2 トップダウンアプローチ	8
3．1．3 ボトムアップアプローチ	9
3．1．4 リユースに関する技術開発動向調査	16
3．1．5 経済的視点からの技術の整理	19
3．1．6 循環型社会形成における各プレイヤーの役割と技術開発	19
3．1．7 リユース拡大のための技術課題	20
3．1．8 循環技術の体系化	20
3．2 カスケードリユースの調査研究	22
3．2．1 リユース事業等の現状	22
3．2．2 リユース事業等の問題点の整理	26
3．2．3 課題の抽出	28
3．2．4 リペア向けの部品リユースの費用面の分析	33
3．2．5 リペア向けの部品リユースの需要についての分析	35
3．2．6 カスケードリユースモデルの検討	36
3．2．7 リユース拡大の促進に向けて	40
4．調査研究の今後の課題及び展開	43

## 1. 調査研究の目的

地球環境保全と資源有効利用の観点から、持続性のある産業社会の仕組みとして循環型社会の構築が必要とされている。我が国においても、循環型社会基本法のもと、3R（リデュース、リユース、リサイクル）の普及が進められており、その中でもリユースは、有限資源の有効活用という観点からも重要性が認識されている。

しかし現状のリユースには、旧世代機種の部品を利用することに起因して、新製品の設計における制約や、急速に進展する技術を採用できないこと、品質保証の困難さ、旧製品回収の煩わしさ等の乗り越えるべき課題が多い。また、それらリユース製品は限られた産業内を循環するシステムとなりつつあるため、その他の活用への発展性が阻害されている現実もある。

このような現状を打破するため、基本となる循環型環境製造技術の体系化を行い、いままでの自社製品や限定された産業・業界内での閉じられた形の使用や技術開発から脱却し、さらに幅広い活用及び新規技術を製品開発等設計の段階から模索し、旧世代製品の部品を、他種、他業種の製品に活用するなどリユースの範囲を広げるための技術的な可能性や阻害要因を調査し、部品リユース市場を形成することで旧世代部品の同種製品のみに限られたリユース利用という制約を軽減し、性能向上に遅れた旧世代部品の最適な有効活用を図るというリユース拡大技術を構築するためのカスケードリユース技術の体系化及び研究が必要になってきている。

このように本調査研究は、機械産業をはじめとする多種、多様な製造業にかかわるもので、単一企業での取り組みが難しく、また、成果の波及効果も多大であると思われ、循環型社会の構築に重要な役割を果たすことが期待される。

また、リユースは、他の二つのR（リデュース、リサイクル）に比べて詳細に検討されることが少なかったが、循環型社会の早期実現のためにも、早急な調査研究が必要とされるため、環境製造技術全体の技術マップの概念設計やリユース関連技術の体系化を行い、具体的なカスケードリユース活用法を模索することで、製造分野における資源の有効活用、環境負荷低減に資することを目的とする。

本調査研究事業では、以下の4項目に関して、調査研究を行う。

### (1) 循環型環境製造技術の現状調査

過去からの環境に対する技術開発内容を調査し、重要技術の現状を明らかにする。  
また、ボトムアップ的な観点から、今後の開発すべき技術課題を把握する。

### (2) 循環型環境製造技術の体系化

上記調査より、開発が必要な技術の体系化を図る。また、(1)で挙げた技術以外に、トップダウン的観点を加えて循環型社会構築に必要な技術課題が抜けていないかを検討する。

### (3) リユース技術の現状調査

現在行われているリユース製品部品等の現状と問題点を明確にし、閉じられたリユース範囲である制約等問題点の調査分析を行う。

### (4) 異種製品部品活用事例の調査

旧世代等製品の利用可能な主要部品を具体的に選出し、カスケードリユースとしての異種製品への活用事例を実証（コスト面等での分析）し、新たな市場形成のための方策を模索する。

## 2．実施体制

（財）機械システム振興協会から委託を受けた（財）製造科学技術センター内に、学識経験者、研究所、企業（メーカ、ユーザ）からなる「循環型環境製造技術調査委員会」を設け、討議・指導を得て、具体的作業をすすめることにより、成果をまとめた。

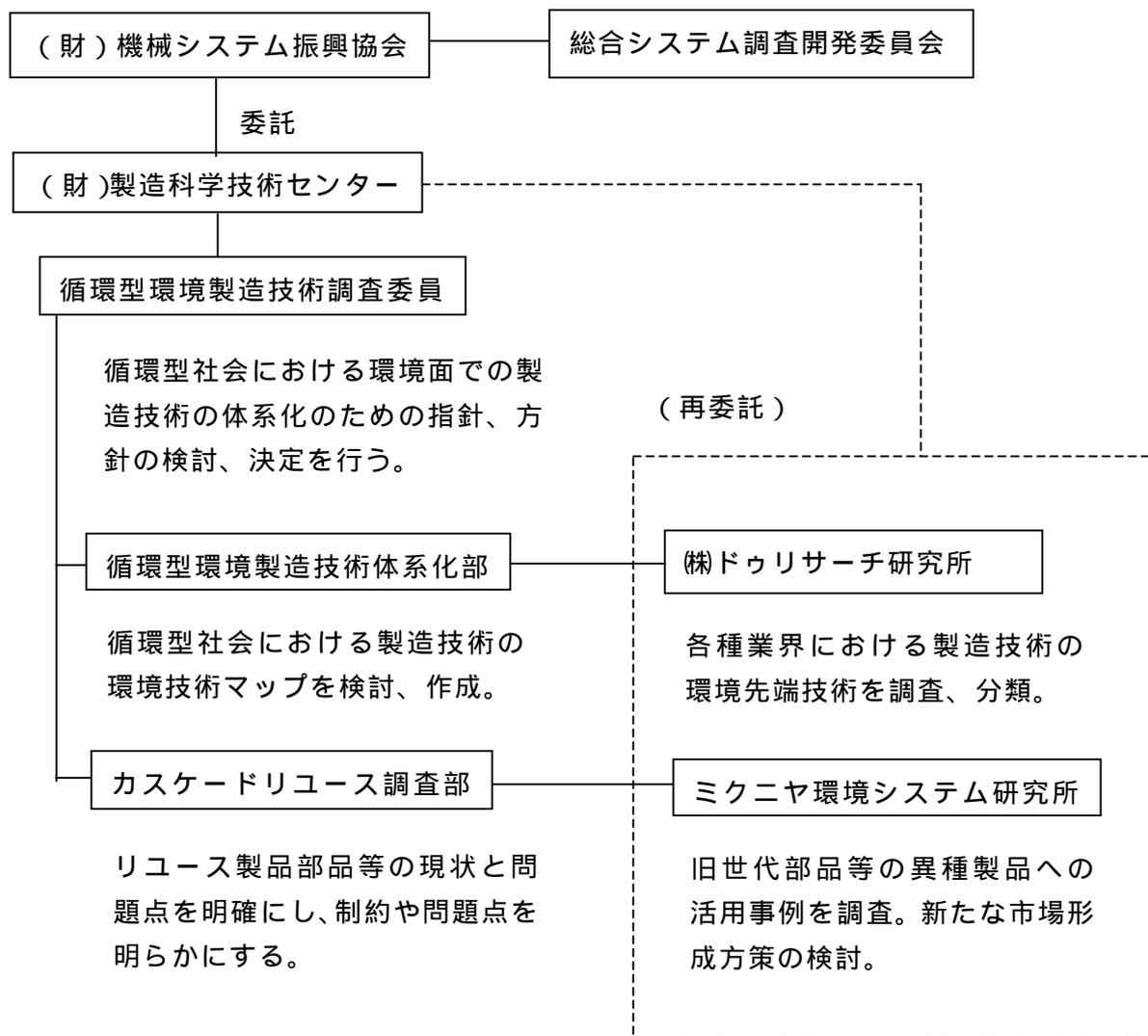
具体的には、上記(1)、(2)については、循環型製造技術体系化部会を、(3)、(4)については、カスケードリユース調査部会を組織して検討を進めた。

また、各業界における環境技術の現状調査分析を㈱トッパリサーチへ、具体的カスケードリユース市場調査をミクニヤ環境システム研究所㈱へ委託を行い、そのデータを基に各部会にて現状分析、課題抽出等を行った。

循環型製造技術体系化部会においては、現状の技術開発を環境面・経済面からのニーズを満たしているかという点を中心に検討・分析を進め（ボトムアップ）、必要に応じて、もう一度循環型社会実現という原典に戻っての検討を加える（トップダウン）方法をとった。具体的には、循環型社会にすることを失敗する要因分析や、実現に必要な技術の選定などを行った。一方、カスケードリユース調査部会では、現在営まれているリユースにかかわる事業／サービスを拡大発展させるために必要な事項を洗い出すという、ボトムアップの手法を中心に検討が進められた。

両部会は独立に調査研究を進めて、循環型環境製造技術調査委員会が両者の調整を行った。具体的には、調査研究開始時に、両部会の計画の重複を避けるとともに、抜け落ちて不足する部分のないように調整し、中間段階では相互の調査検討結果からその後重点において調査検討すべき点を明確に絞ることにした。最終的に得られた結果も、相互に独立的に調査研究を進めた割には、結論としては、ほぼ同様な課題と指針を示すすることになった。つまり、今後循環型社会を実現していくには、今回明らかになったいくつかの工学的個別技術の開発が必要ではあるが、それより、「製品／部品の情報の開示や廃棄物の循環を管理する技術、循環のための社会全体の制度／しくみがより重要」ということが指摘された。

体制図



## 総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 教養学部 教授	中島尚正
委員	政策研究大学院大学 政策研究科 教授	藤正巖
委員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣田薫
委員	東京大学大学院 工学系研究科 助教授	藤岡健彦
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば東事業所 管理監	野崎武敏
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば中央第2事業所 管理監	太田公廣

## 循環型環境製造技術調査委員会

(順不同)

### 委員長

木村 文彦 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 教授

### 委員

木村 達也 NTTアドバンステクノロジー(株) シニアアドバイザー

大見 孝吉 独立行政法人 産業技術総合研究所 国際部門 国際関係室  
シニアリサーチャー

池田 三郎 筑波大学 社会工学系 教授

加藤 悟 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 助手

馬場 靖憲 東京大学 先端経済工学研究センター 教授

藤本 淳 東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授

梅田 靖 東京都立大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 助教授

永田 勝也 早稲田大学 理工学部 機械工学科 教授

山内 進吾 石川島播磨重工業(株) 技術開発本部 技監

木村 均 (株)荏原製作所 営業本部 総合事業統括・企画業務部 部長

三原 真一 (株)クボタ 技術開発本部 技術企画部 部長

高松 信彦 新日本製鐵(株) 技術総括部 部長代理 技術総括グループ マネージャー

石森 義雄 (株)東芝 研究開発センター 新機能材料デバイスラボラトリー 研究主幹

山本 司 トヨタ自動車(株) 環境部 B Rリサイクル法制化準備室 室長

高橋 哲哉 日産自動車(株) 先行技術開発本部 技術企画部 主管

国井 茂樹 (株)日立製作所 システム事業部 公共・社会システム本部  
環境情報システムセンタ センタ長

渡辺 富夫 富士ゼロックス(株) アセット・リカバリー・マネジメント統括部  
統括部長

十河 正親 松下電器産業(株) 生産技術本部 環境生産技術研究所 参事

相川 良雄 三菱マテリアル(株) 総合研究所 大宮研究センター 資源環境研究部 部長

### オブザーバ

後藤 輝正 シャープ(株) 生産技術開発推進本部 生産技術開発センター  
研究開発推進室 室長

吉田健一郎 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐

松下 公一 経済産業省 製造産業局 産業機械課 係長

干臺 俊 経済産業省 製造産業局 産業機械課

### 事務局

高橋 慎治 (財)製造科学技術センター 生産環境室 主席研究員

間野 隆久 (財)製造科学技術センター 調査研究部 課長代理

鈴木 理恵 (財)製造科学技術センター 生産環境室

## 循環型環境製造技術体系化部会

(順不同)

### 部会長

藤本 淳 東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授

### 委員

岡村 宏 芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科 教授

加藤 悟 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 助手

梅田 靖 東京都立大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 助教授

遠藤 茂寿 独立行政法人 産業技術総合研究所 環境調和技術研究部門  
再資源化グループ リーダー

小林 幹男 独立行政法人 産業技術総合研究所 環境調和技術研究部門 総括研究員

増井慶次郎 独立行政法人 産業技術総合研究所 機械システム研究部門  
循環型生産システム研究グループ 研究員

山際 康之 ソニー(株) MNC 実装推進部 課長

伊藤 聡 (株)東芝 研究開発センター 新機能材料デバイスラボラトリー 研究主幹

三津石源一 日本MH協会 常務理事

石田 智利 (株)日立製作所 研究開発本部 日立研究所 情報制御第六研究部 主任研究員

### オブザーバ

吉田健一郎 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐

松下 公一 経済産業省 製造産業局 産業機械課 係長

干臺 俊 経済産業省 製造産業局 産業機械課

### 事務局

高橋 慎治 (財)製造科学技術センター 生産環境室 主席研究員

間野 隆久 (財)製造科学技術センター 調査研究部 課長代理

鈴木 理恵 (財)製造科学技術センター 生産環境室

## カスケードリユース調査部会

(順不同)

### 部会長

永田 勝也 早稲田大学 理工学部 機械工学科 教授

### 委員

岡村 宏 芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科 教授

梅田 靖 東京都立大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 助教授

近藤 康雄 鳥取大学大学院 工学研究科 情報生産工学専攻 生産環境システム講座  
助教授

臼井 慎一 オリックス(株) 資産管理部 部長

三岡 美樹 オリックス環境(株) 営業推進部 管理課長

福屋 二郎 キンキパートナーズ(株) 営業本部 本部長

小泉 善実 (株)啓愛社 専務取締役

神崎 浩 東電環境エンジニアリング(株) O A 事業部 副部長

樋口 義弘 日本自動販売機工業会 技術部 主管

木村 幸雄 富士電機(株) 流通機器システムカンパニー 三重工場 開発第一部  
マネージャー

吉田 啓一 松下電器産業(株) 環境本部 渉外・管理チーム 副参事

丹尾 泉 (株)ミスターコンセント 代表取締役 社長

清水 信夫 (株)ユーパーツ 代表取締役 社長

愛澤 政仁 ミクニヤ環境システム研究所(株) 代表取締役 所長

浅岡 建 ミクニヤ環境システム研究所(株)

### オブザーバ

吉田健一郎 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐

松下 公一 経済産業省 製造産業局 産業機械課 係長

干臺 俊 経済産業省 製造産業局 産業機械課

### 事務局

高橋 慎治 (財)製造科学技術センター 生産環境室 主席研究員

間野 隆久 (財)製造科学技術センター 調査研究部 課長代理

鈴木 理恵 (財)製造科学技術センター 生産環境室

### 3.1 循環型環境製造技術体系化の調査研究

#### 3.1.1 調査研究の進め方

循環型社会の形成を目指して、材料、製品、廃棄・リサイクルなど幅広い分野で活発に技術開発が行われてきた。これらの技術開発の多くが、現状のリサイクルシステム構築に、直接あるいは間接的に、なんらかの貢献を果たしてきたことに疑う余地はない。しかし、これまでの開発を振り返ってみると、多様な目的をもつ幅広い分野の技術に対して、優先順位をつけることなく、網羅的に取組んできたため、技術開発のコストパフォーマンスは決して高いものであったと言えない。更に、循環型社会への第一歩を踏み出したものの、それは、現状の大量に排出される廃棄物に対しての緊急処置的リサイクルを実現しただけであり、循環により新たに投入される資源・エネルギーを削減する“循環型社会”へ向けた大きなうねりを創造するには至っていない。これまで、循環を形成する上で鍵となる技術分野や技術を見落としているのでは、という不安もある。

本報告では、循環型社会形成に関連した技術の整理/体系化を行う。整理/体系化は、将来の理想像を描き、そこから必要となる技術を抽出し、現状との差分により重点化すべき技術課題を明らかにする方法（トップダウンアプローチ）と、現状の技術開発を環境・経済的ニーズより整理・分析し、今後開発すべき技術を明らかにする方法（ボトムアップアプローチ）により行った。後者の現状の技術開発をベースとした整理・分析においては、

- 1) 品質機能展開(QFD)の手法を利用し、環境ニーズとそれを満たす技術を対応させ、現状の技術開発レベルや環境問題の重要性から、今後必要となる技術課題を抽出する、
- 2) フォールトツリー(Fault Tree)解析により、循環型社会形成を阻害するあらゆる原因事象を、論理ゲートを利用してツリー状に記述し、今後重要となる取組みを明らかにする、
- 3) リユース促進技術として、寿命予測、洗浄、易分解設計、およびモジュール設計(標準化、ユニット化)技術を選択し、それら分野の技術開発の状況を詳細に調査し、必要となる技術を明確にする、
- 4) 経済性(コスト、ベネフィット)の観点より技術を整理し、必要な技術開発課題を抽出する、
- 5) 循環型経済社会の形成において、メーカー、ユーザ、回収・廃棄業者が果たすべき役割から必要な技術開発課題を抽出する、

等の5つの方法を用いた。

#### 3.1.2 トップダウンアプローチ

環境関係の技術開発の現状は、明確なビジョンなしに、専門領域という狭い範囲で、個別に技術開発が行われているに過ぎない。それには、2つの大きな要因がある。

一つは、技術の高度化に伴い、専門領域が細分化されてきた弊害である。技術開発者は、各自の専門領域を深く掘り下げることのみに価値を置いてきた。環境問題への対応も、この“常識”に捉われており、自分の専門の枠内のみで、解決しようとする傾向がある(技術指向:ボトムアップ)。環境対応は、本来、社会の環境負荷削減を目的に行われるべきもの

である（目的指向：トップダウン）。しかし社会の環境負荷削減においては、技術だけでなく、社会システムやライフスタイルなど考慮すべき領域があまりにも広く、更にこれらの間の横断的取組みが必要となる等、従来の技術開発の常識にはなじまない。このため、環境技術の開発は、主に技術指向のアプローチで行われてきた。しかし、技術開発が盛んになっても、循環型経済社会へ向かっている実感に乏しいのは、技術指向による技術開発が主体であるためである。今後、個別技術の開発よりも、その使い方（社会への普及のさせ方）を研究するトップダウンアプローチによる環境対応を活発化すべきである。

### 3.1.3 ボトムアップアプローチ

ここでは、現状の技術開発を多面的な視点から整理・分析し、従来の活動で欠けている技術や、今後重点化すべき技術を明らかにする。

#### （１）品質機能展開（QFD）を用いた循環型社会構築のための必要技術の分析

QFD（品質機能展開、Quality Function Deployment）は、新製品を開発するときに用いられる品質保証論の一つである。QFDとは二元表により顧客要求（顧客の声）を技術特性に変換して製品の設計品質を定め、これを機能部品の品質に展開しさらに個々の部品や信頼性など工程の要素にいたるまで系統的に展開する総合的品質管理の手法である。つまりニーズに対して「何をすればよいのか」、「どこに重点を置くべきか」ということをシステムティックに検討するツールとなる。

QFDを利用して、循環型社会における社会の要求に対して実現が必要な技術を対比させ、技術開発の重要度を分析する。

#### ・要求項目の抽出整理

表 3.1-1 は、QFD で一般的に用いられる、顧客要求と関連技術要素を対比させた二元表である。縦軸には、社会全体の立場、消費者の立場、企業の立場に分類して要求項目を整理した。社会全体の立場での要求は、人類の持続的発展を継続するための必要性という観点で抽出した。消費者の立場での要求は、企業などから購入する製品、サービスに対する要求を、循環させたときに新品製品と異なる可能性がある観点で抽出した。企業の立場での要求は、企業が循環型社会で成立する条件として、ビジネスが成立することと、ビジネスが社会的に認められるための観点で抽出した。



- ・技術項目の抽出整理

技術項目としては、循環のための基本技術である材料の開発から製造、販売、使用、回収、再生、流通までの他に、教育および法規制を抽出した。循環型社会の構築には教育や法規制の充実が不可欠と考えたからである。法規制は、現状の法規制状況に対して、循環型社会構築のために必要であれば適切な法改正、税制改正を行うべきという考え方で盛り込んだ。

- ・目標レベルの設定とウエートの計算

要求項目の重要度、現状の実現レベルを設定し、それを参考にして、5年後、10年後に目標とするべきレベルを設定した。現状レベルまではできるだけ客観化したつもりであるが、目標レベルは報告者の意思を表したものである。コストパフォーマンスを考慮し、このレベルが妥当と考えた。

- ・相関マトリックスの設定と技術重要度の計算

要求項目と技術項目の相関関係をマトリックスに設定し、技術の重要度を計算した。この結果、5年後、10年後ともに、従来から重要と認識されていた材料開発、材料選別技術のほか、(a)循環を意識した設計技術、(b)再生品の利用、流通を進める技術が重要であることがわかった。

- ・自動車への循環型社会からの環境要求

自動車産業は、グローバル市場での製品戦略が生き残りのために重要になっている。グローバル化とカスタマイゼーションが同時進行しており、相反する多くの課題が存在し、既存のコンセプトや構造の踏襲による設計段階での手直しや製造工程の改善のレベルでは対応できず、以下のような施策が必要になってきている。

車全体での基本コンセプトや基本構造・レイアウトの互換性設計や最適化手法  
高付加価値機能コンポーネントの開発などのイノベーション改革  
厳しい構造への要求を実現する新しい機能材料の開発

しかし、自動車製品の循環型への対応には、そのニーズがビジネスとして企業のニーズと合致しない限り、このような開発上流での基本構造からの見直しへの強い動機づけにはならない。動機付けとして考えられることは、リサイクル法などの法的規制や税法上の動きである。既に施行されつつあるリサイクル法での企業での動きは敏感であり、開発設計に大きな影響を及ぼし、リサイクル作業の効率化への試みが進行している。もうひとつとして、ビジネスとしての対象である市場の拡大が必要となる。即ち、製品開発・製造プロセスだけではすぐに限界に達してしまい、製品使用過程・リサイクルプロセスへのビジネス展開や協業などが大切であり、製品使用へのフォロー、サービス、メンテナンス、整備・修理、バージョンアップ、買い替え、リサイクル回収などをビジネスに組み込む動きがある。

結局重要な項目として、

材料工学での高付加価値となる機能材料開発  
(開発設計者から新材料開発者への明確なニーズ伝達、即ちマクロからミクロへのシフト)  
3R設計を基盤とした各種開発設計法、最適化手法



循環型社会への顧客の関心も含めた顧客のニーズに対する積極的アプローチ。  
(使う側から見た文化や考え方、ものを大切にやグリーン志向などへのアプローチも)  
製品使用過程での顧客、製品の情報把握、サービス・支援システムの整備  
市場での付加価値を誘導するための、法的、税的施策  
などが抽出された。

## (2) 数量化 類による解析

QFD は「技術的課題の抽出をすることで(環境適合性)要求を満たすにはどうしたらよいか」を示すことはできるが、それぞれの技術課題の体系化を行うことは難しい。例えば、ある要求を満たすための技術課題は決して一つではない。全く視点の異なる技術課題であっても、要求に対してほぼ同じように貢献できる技術群が存在する。このような場合には、必ずしもその技術群のすべての技術開発を推進する必要はなく、その技術群の中で困難度の低いものから着手することで、要求を満たしていくことが可能である。

数量化 類(Quantification Theory type IV)は、いくつかの分析対象物があり、その任意の2つの間に「似ている程度」あるいは「似ていない程度」が量として与えられているとき、それを手がかりに直線上、平面上、空間上に各対象物をプロットし、視覚化を図る手法である。この手法では、「似ている程度」である「近親性」をデータとしてこのデータ解析をすることによって対象物の得点化を行う。

今回は、数量化に関するパッケージソフトを利用して、この計算を行った。

### ・環境 QFD を用いた技術の体系化

まず、前述の環境 QFD 表をそのまま数量化 類によって分析すると次のようになった。

消費者教育、法規制政策、税制に関する社会制度的技術は、循環型社会構築を目指す企業の要求のうち、ビジネスとして認められるという要求に独立的に直接関係する技術であり、他の技術とは大きく異なっていることが明らかとなった。

税制、法規制、消費者教育の3つを取り除いて分析を行った結果、異常診断技術と使用履歴管理技術が他の技術と大きく異なることが明らかとなった。どちらも社会的要求である地球環境への負荷低減には直接結びつかず、「ユーザが製品を安心して使える」という要求を主に満たす技術である。

これら5つの技術を除外して分析した結果は図3.1-1のようになる。この分析によると、技術に5つぐらいの領域があることがわかる。一つは、一番下中央のかたまりで、主に省エネルギーを目指した技術群である。この中には、材料・設計・使用各分野での省エネ技術が集中している。次の技術群は中央の少し右下の資源節約を目指した技術群である。ここには、歩留まり向上やりサイクル材料開発、再利用梱包材開発など資源・廃棄物問題に対応した技術群が含まれている。次に、その少し上の集中していて丸で囲った技術群である。ここに含まれる技術群は特に特徴はないが、様々な分野に応用が可能な基礎技術であると言える。更に右上の領域にある技術群は、販路開発、需給マッチング、利用可能性判定、余寿命判定技術など再生品流通に強く関係する技術である。最後の技術群は左上に位置するもので、ライフサイクル設計、多世代設計、部品共通化設計などの設計技術である。これに、法規制・税制と、使用履歴・異常診断技術を加えた7つの技術群があることが明らか

かとなった。

それぞれの技術分野で、将来的に重要視されている個別技術があり、この技術を推進することで、目標達成の視点から、その個別技術の近くにプロットされる技術を代替することができるといえる。特に重要視されている技術群は、利用可能性判定や需給マッチングなどの再生品流通に関する技術である。逆に重要視されていない技術は単純に資源節約、エネルギー節約に関係する技術である。

このことから、今後必要になってくる技術は、多世代設計などのライフサイクル設計技術と、利用可能性判定や需給マッチング技術などの再生品流通に関する技術であることが明らかになった。

#### ・自動車に関する技術の体系化

次に「自動車に関する環境 QFD」についても、同様の分析を行った。

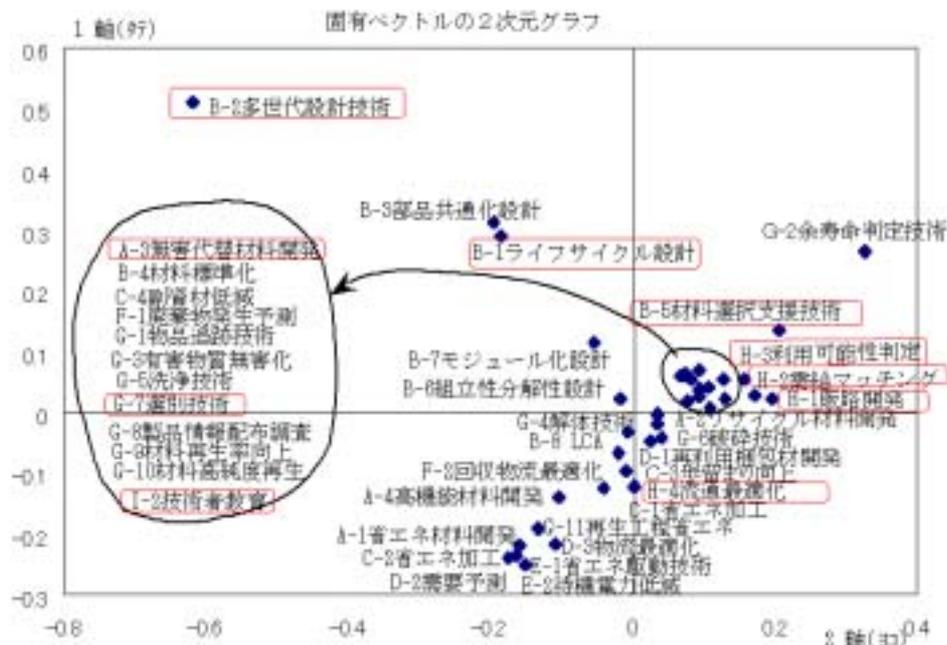
この図から、一番上の最適化設計という設計に関する技術、右の方に散在するメンテナンス管理や異常診断技術、使用チュートリアルという使用段階の質の高いサービス提供に着目した技術群、左中央の高機能材料開発や材料選択支援技術などの材料関係で、様々な要求に対応できる汎用性の高い技術群、などがあることが明らかとなった。

この分析の場合では、特に重要視されている技術群は、多世代設計などのライフサイクル設計技術と、使用段階でいかに適切なサービスを供給するかという異常診断技術やメンテナンス管理技術であることが明らかになった。

#### ・技術体系化

今回は、QFD を用いた技術の体系化について、数量化 類という手法を用いた体系化手法の提案を行い、考察を加えた。QFD のスコアの付け方や、具体的な例を取り上げるかどうかによって、その体系化の結果が若干異なることが明らかとなったが、大きな技術の特徴付けについては共通に得られた事項もあり、ある程度の体系化は可能と思われる。また、QFD による重要度との重ね合わせにより、目標達成の視点から、代替可能技術についての示唆を与えることが可能である。

今後重要な技術として、ライフサイクル設計技術などの時間軸を考慮した設計技術と、ライフサイクル管理技術、更には再生品の需給マッチングなど、従来の要素技術開発とは異なる広い範囲をカバーしたシステム技術が必要であることが明らかとなった。



### (3) フォールトツリー (Fault Tree) による体系化

循環型社会構築 FT 図 (以下、FT 図) は、“循環型社会構築の失敗原因に関するブレインストーミング”を行い、KJ 法を用いてグルーピングした結果を参考に作成した。FT 図は“循環型社会構築失敗”に始まり、その原因を細分化・詳細化して記述した (図 3.1-3 から図 3.1-6)。記述に際しては、一般的に FT 図の作成に用いられる記号 (論理積、論理和、中間事象、基本事象、未展開事象) を使用した<sup>1)</sup>。また複数の中間事象に基本事象が現れる場合には、技術的により低位な中間事象に基本事象を記述した。

循環型社会は、ただ資源が循環すればよいというわけではなく、“二酸化炭素排出量増大”や“有害物質拡散”の防止なども考慮しなければならない。しかしながら、循環型社会構築失敗の最大の原因は“廃棄物量増大”であり、これを中心に展開していった。更に、“リサイクル率が低い”“リユースできない”原因について分析した。“リユースできない”原因 (図 3.1-3 参照) には、“製品としてリユースできない”場合と、“部品としてリユースできない”場合があるが、それぞれについて分析を進めた。

“製品としてリユースできるようにするためには”、

中古製品の再生・販売業のノウハウの蓄積によるフランチャイズ展開

中古製品の卸売市場の整備

中古製品の販売価格等適正化のための情報提供

が必要と思われる。

また 部品としてリユースできるようにするには、直近の課題として、

余寿命判定技術の確立、または、

部品履歴管理技術の確立

が急務であると思われる。

#### 参考文献

- 1) グローバルスタンダード時代における実践 FMEA 手法 品質管理と信頼性、保全性、安全性解析、小野寺勝重、日科技連出版社、1998

#### 3.1.4 リユースに関する技術開発動向調査

リユース技術として、洗浄、易分解性設計、モジュール設計、寿命予測の 4 つの技術分野を取り上げ、本来リユースの技術でないものを適用することも想定して、現状の技術開発の状況をまとめた。結果、洗浄、および寿命診断技術の分野で開発が必要な技術が比較的多く存在することが明らかとなった。

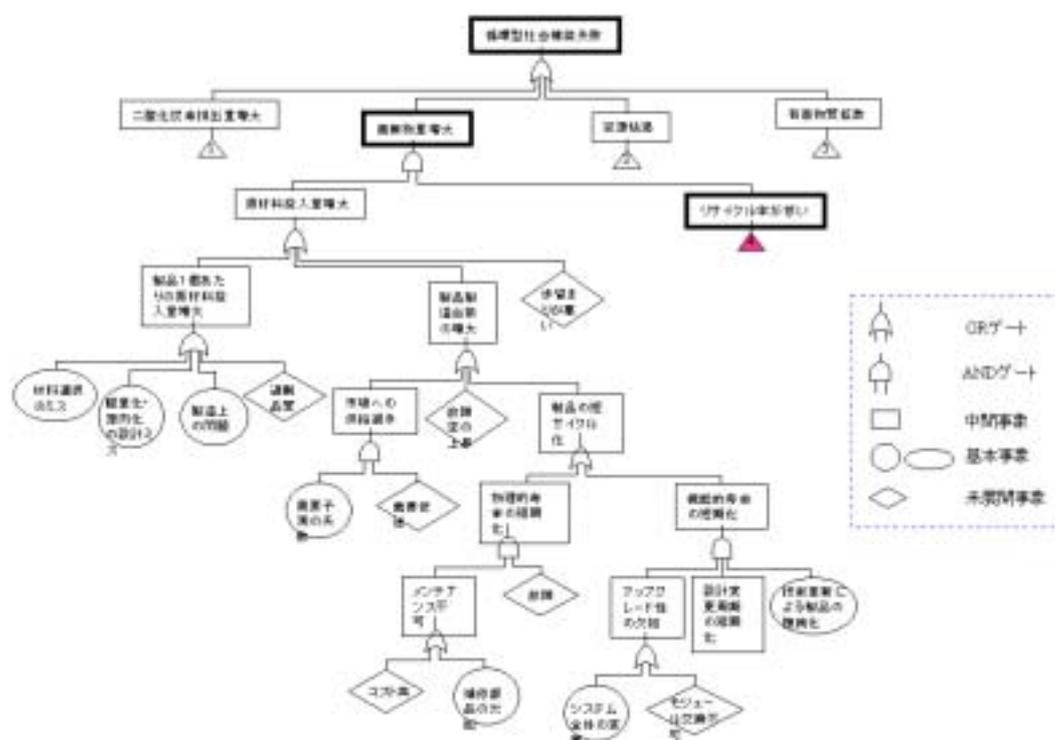


図3.1-3 循環型社会構築の失敗原因

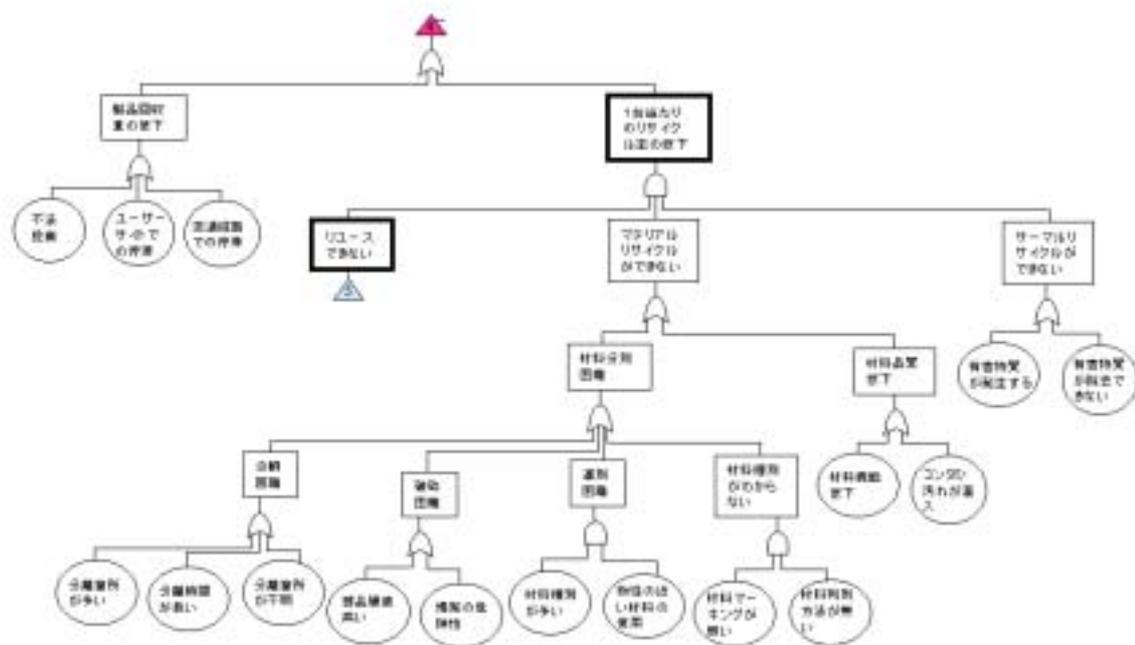


図3.1-4 リサイクル率が低い原因

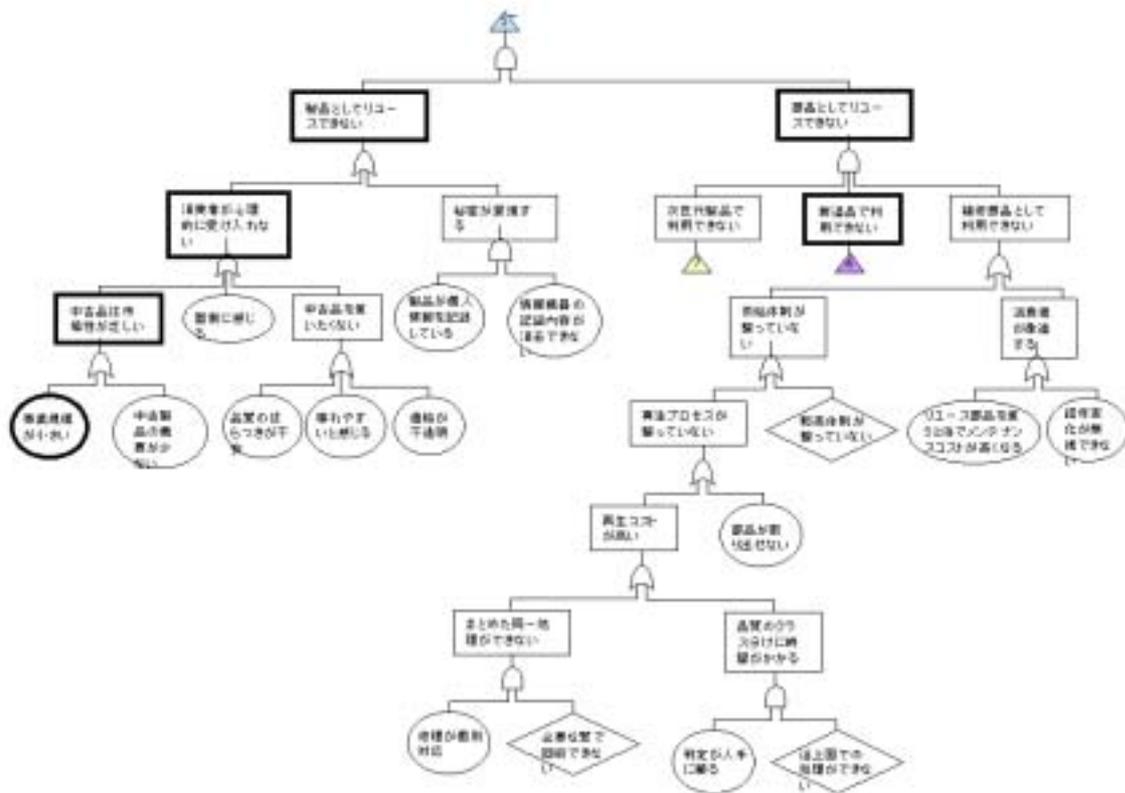


図3.1-5 リユースできない原因

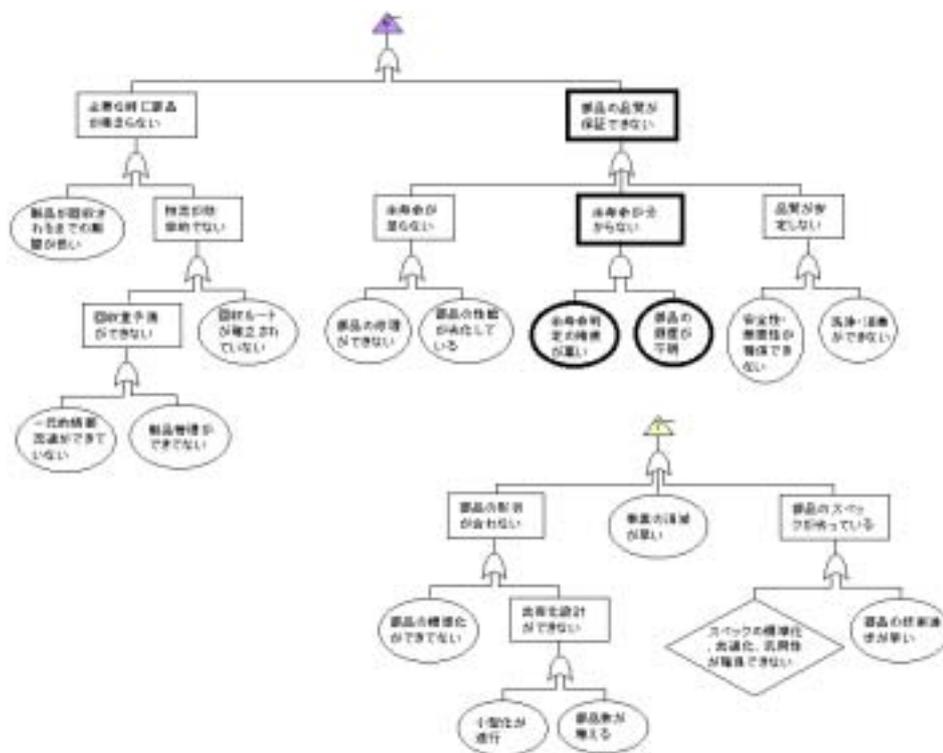


図3.1-6 次世代製品および新造品で部品リユースできない原因

### 3.1.5 経済的視点からの技術の整理

技術開発の目的を経済的視点から考えると、リサイクルコスト削減とリサイクル価値向上に分類できる。

家電4品目につき、現状の家電リサイクルシステムの調査より推測したコストとリサイクルで得られる収益を推計した結果を表3.1-2に示す。スクラップ価格を低めに設定したことや埋立処分にかかる費用から、エアコンを除く三品目は、収益が全てマイナスとなっている。製品でプラスチック類の割合が高い冷蔵庫や洗濯機については、バージン材と同レベルで材料リサイクルが可能となれば、大きく収益が増加することを示している。更に、部品や製品のリユースを実現できれば、材料価値よりも更に高い収益（最大値は製品売価）を得ることが可能となる。

表3.1-2 家電4品目の収益（単位：円）

	再処理化 料金	材料価値		リユース
		有価物売却益	バージン材料価格	
テレビ	2,700	- 106	4,783	50,000
冷蔵庫	4,600	- 345	6,495	100,000
洗濯機	2,400	- 393	2,972	50,000
エアコン	3,500	1,235	5,910	100,000

以上の試算結果より、重要となる技術分野を抽出すると、コスト削減に大きく貢献するものとして、輸送費削減につながる回収物流最適化技術が、価値向上ではバージン材と同レベルの材料リサイクルを可能とする高純度再生技術や易リサイクル材開発技術、更に部品・製品リユースに関連した技術が挙げられる。

### 3.1.6 循環型社会形成における各プレイヤーの役割と技術開発

循環型社会を形成するには、ライフサイクルの各プレイヤーがそれぞれ適切な行動をとり、それらが全体として調和しなければならない。部品・材料・組立てメーカーは、循環を考慮したものの作りを行い、ユーザは循環を考慮した製品を購入し、それを適正に使い、リサイクルやリユースに支障をきたさないように廃棄し、回収業者は効率的に使用済み製品を回収し、リサイクル業者はコストが最小で利益が最大となる方法で処理する。従来の技術開発を見てみると、メーカーや回収・廃棄業者での循環のための行動を支援する技術開発が主体であり、製品の循環に大きな役割を果たすユーザでの行動を支援する技術開発が欠けていることがわかる。環境教育によるユーザの意識向上や、法によるユーザ行動の規制だけでなく、ユーザの環境行動を直接的に支援する（ライフスタイルを環境配慮型に導く）技術開発が急務の課題と言える。

ライフスタイルを環境配慮型に導くには、ユーザと産業界や自治体との間で、製品やリサイクルに関する情報やユーザでの使用・廃棄情報を流通させる“環境コミュニケーションシステム”と、循環に必要な情報の提供や活用といったユーザの適切な環境行動に対してインセンティブを与える仕組みから成る“ユーザの循環行動支援システム（グリーンマイルージ）”構築の推進が必要である。

### 3.1.7 リユース拡大のために必要な技術課題

- ・トップダウンアプローチによる技術開発

目指すべき社会システム、ビジネス形態、ライフスタイル等を既存の技術をベースにデザインし、社会での実証試験を通して、世の中に提示するとともに、システムの有効性や新たに改良や開発が必要となる社会制度、技術等を明らかにすると言った“IMソリューション”の取り組みが必要である。

- ・ユーザの環境行動を直接的に支援する技術開発

循環を考慮した製品を購入し、それを適正に使い、リサイクルやリユースに支障をきたさないように廃棄するといった、ユーザの環境行動を支援する技術開発が欠けていた。ユーザの循環行動支援システム（グリーンマイレージ）の開発が必要である。

- ・循環を意識した設計技術と再生品の利用・流通を進める技術の開発

前者は、製品の循環方法自体の設計やそれに適した製品のあり方などの設計で、ビジネス設計に近い。後者は部品・材料の有効性判断など、需要と供給をマッチングさせ再生品を有効活用する技術開発である。

- ・余寿命判定技術の開発

部品の機能を最大限に活用し製品に再利用するためには、“部品の品質保証”が鍵となるこの品質保証において現在最も困難とされていることは、部品の“余寿命がわからない”ことにある。

これらをまとめると、リユースの拡大には、ユーザの環境行動を支援する“グリーンマイレージ・システム”、再生品の利用・流通を進める“循環サプライチェーンマネジメント”、“サービス指向型製品”等からなる社会システムを既存の技術を用いてデザインし、社会での実証試験を通して、有効性等を判断する仕組み“IMソリューション”が必要である(図3.1-7)

### 3.1.8 循環技術の体系化

QFDを用いた技術の体系化について、数量化 類という手法を用いた体系化手法の提案を行い、考察を加えた。目標達成の視点から、代替可能技術についての示唆を与えてくれた。更に、技術の社会への普及とその果たす役割を判りやすく提示できるという点で FT 図も活用すべきであろう。

今回の検討にあたっては、現状の技術動向から各技術開発の要素を設定し、その重要性について議論を行ってきた。その結果として、現状の技術開発の延長線上での議論の領域をこえていない。しかし、技術スピードが速いなかでの5、10年後の技術開発をとらえる場合、現状の延長線上で議論するのではなく、従来とはまったく異なった非連続的な社会体系やライフスタイルなどのシナリオからのトップダウン的なアプローチにより検討することが重要といえる。今後、新しいシナリオによる技術開発の議論を、更に行っていく必要があると考える。

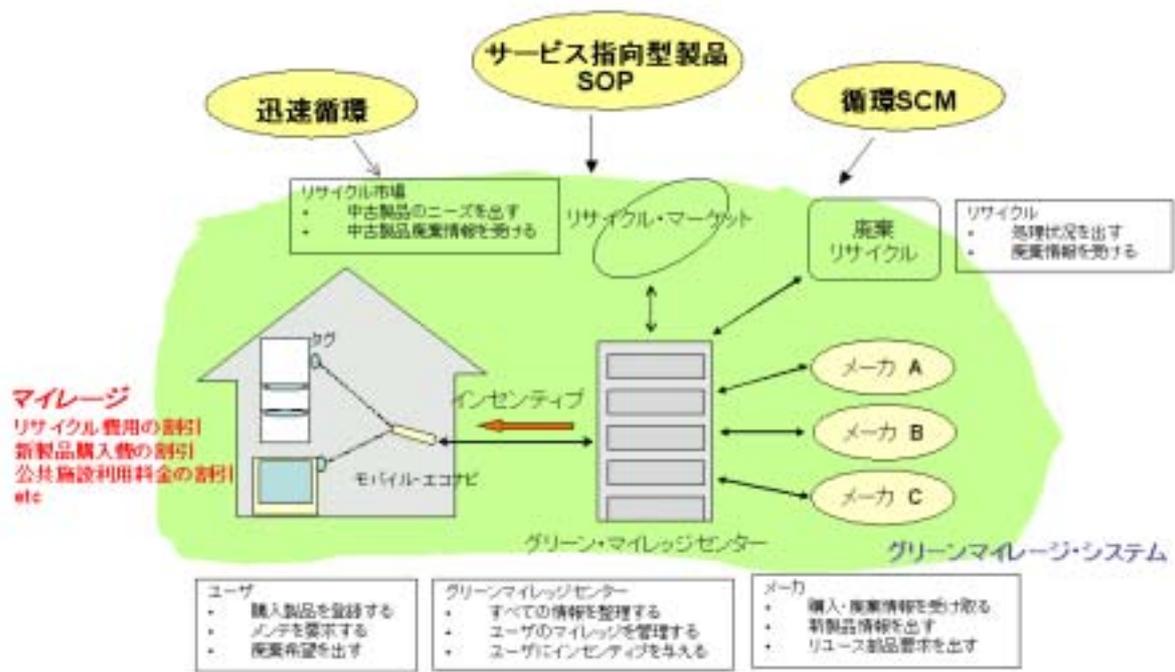


図3.1-7 IMソリューション

### 3.2 カスケードリユースの調査研究

#### 3.2.1 リユース事業等の現状

今回の調査対象としたリユース事業等の概要を表 3.2-1 に示す。部品リユース事業としては、自動車、複写機、製品リユース事業としては PC について調査を行った。また、回収部品のリユース先としてリペア事業が挙げられるが、その事例として家電製品リペアについて調査を行った。

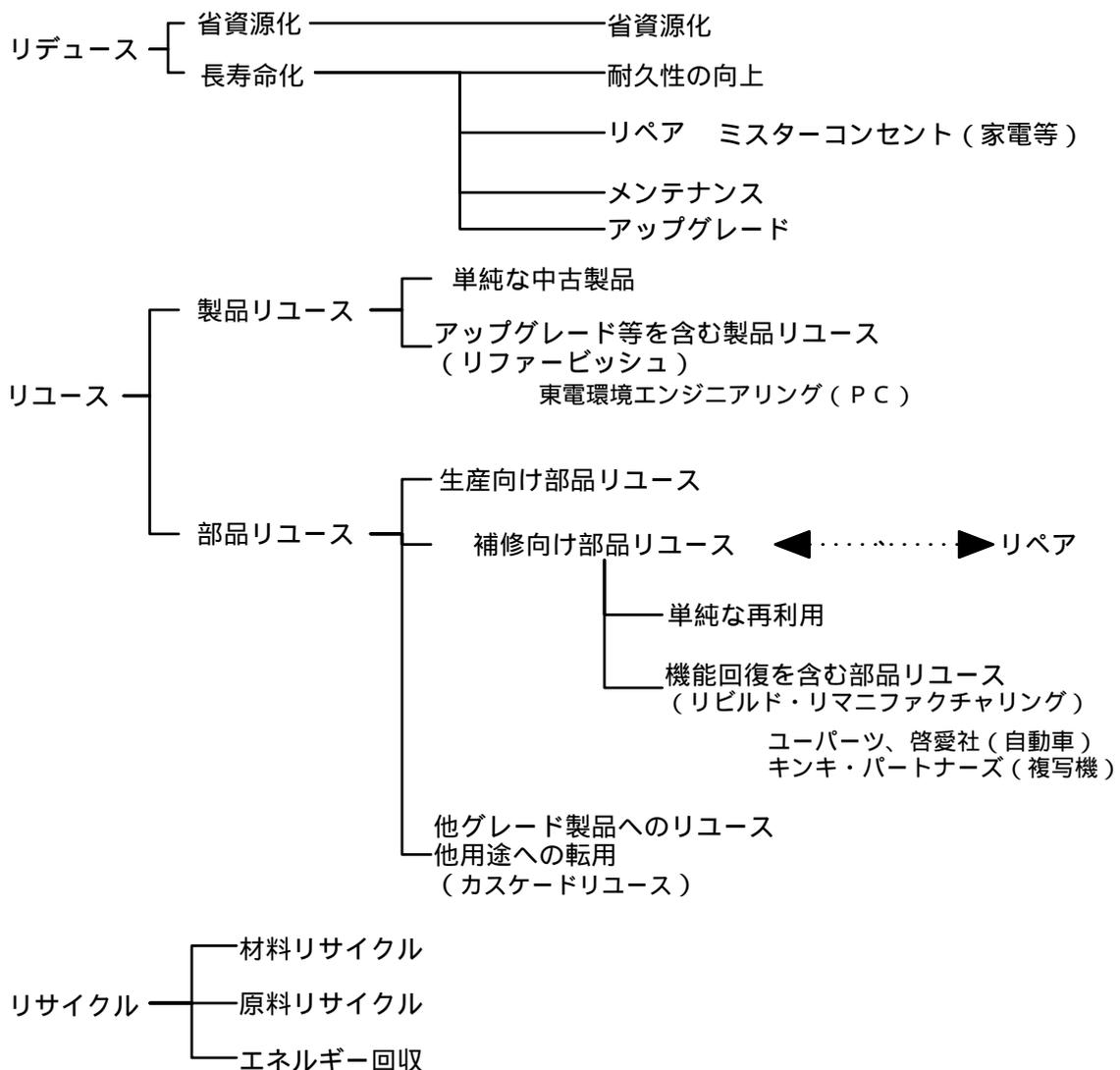


図 3.2-1 3 R の整理と今回の調査対象 ( : 調査対象)

#### (1) 自動車部品リユース事業の現状

##### 1) 現状

どちらも、ドアやバンパー等の構造部品、エンジンやミッション等の機能部品を対象として使用済み自動車から回収し検査・整備、ネットワークを介しての販売等を行っている。

自動車部品については海外への販売も多い。啓愛社では、メーカーの海外ネットワーク向けの出荷を行っているほか、外人バイヤーによるエンジン等の買い付け等もなされている。ユーパーツでは、技術面等での提携等の海外連携等を行っている。

## 2) 特徴

ユーパーツでは、主に事故車からの部品回収を行うことにより、部品ニーズの確保をはかっている。また、部品検査のためのテスターを開発しており、これにより部品検査の均質化をはかるとともに、リユース部品購入者への形のあるアピールとして活用している。

ドアやボンネット等の部品はリユース品となると多少のキズ等があるため、これらを適確に顧客に開示することが重要とのことである。

啓愛社は解体事業とリユース部品回収を兼業しており、車検切れ等の寿命による使用済み車が中心である。リユースするかどうかは在庫時の走行距離で判断しているが、全体の一部だけがリユース対象となる。エンジン等の機能部品の国内向けは少なめである。

## 3) メリット等

リユース部品のメリットとしては、純正パーツと異なりアセンブリとしてまるごと交換できるため、作業工賃を大幅に抑制できる。また、外装部品については、新品を取り付けると経年変化を受けている本体とは微妙に色合いが異なってしまうが、リユース部品であれば本体と同レベルの変化を受けているため目立ちにくい。自動車メーカー側としても、こうしたリユース部品を活用することで、部品の新造や金型保持といったコストダウンをはかれるため、純正部品よりもリペアサービス事業としての利益率が改善されるメリットがある。

## (2) PC リユース事業

### 1) 現状

リースアップ品等の回収 PC について、整備・再生を行っており、ニーズを踏まえた OS のアップグレードやメモリ、HD の増強等により再商品化を行っている。海外からの引き合いもあるが、使用后・部品取り後の適正処理の担保がないため対応していないとのことであった、

### 2) 特徴

PC 再生の特徴としては、内蔵 HD 上の情報の完全消去が前提となっており、その上でアップグレードを含むシステムを再構築する作業が必要となることが挙げられる。これは機種別に知識や技術を必要とする高コストな工程であるが、同じ機種であればシステムは一度作成すればコピーするだけでインストールできるため、まとまった回収がコストダウンのポイントとなることが挙げられる。また、破損箇所等についても同じ機種の在庫があれば取り外して利用できるため、仕入れ数量は重要なファクターとなる。

### 3) メリット

販売店にとっては、利益率が高く（新品 PC は価格破壊のため利益が低い）、またアフターサポートも行いやすいとのことである。

需要については、販売店に卸しているが、性能面よりも「値ごろ感」で売れているとのことである。また、再生 PC をグリーン購入により自治体が求めるというケースも出てきている。

### 4) 問題

大きな問題としては、やはり新製品の性能向上が著しく、コストパフォーマンスだけでは競争は難しいこと、OS や共通規格部品の供給終了があるため再生できる PC の年代には限界があることが挙げられる。Linux 等のフリー OS については検討はしているものの、ビジネスソフトウェア等の面で劣っておりまとまったニーズが期待できないため対応していないとのことであった。

また、自治体のグリーン調達への対応において、入札価格が低すぎるということが問題であるとのことであった。

## (3) 複写機部品リユース事業

### 1) 現状

使用済み複写機より部品を回収し、メーカーの補修向けに納品している（検査はメーカー側で行うこととしている）。部品回収については、メーカー側から機種と部品を指定した注文書がくるので、この中の作業手順に示された従って回収作業を行い、納品された部品に対して支払いがなされる。

### 2) 特徴

同社の対象としている複写機は売りきりであるため回収台数等のコントロールはないが、注文書の中に回収する部品の上限数を指定することで、メーカー側としては部品の過剰在庫防止をはかっている。

また、同社の事業全体としては、使用済み複写機を始めとする OA 機器の回収、上のリユース部品回収、リサイクル向けの回収物の売却があり、それぞれから収入を得ている。リユース部品回収による収入はこれらの中で最も大きなものとなっているとのことであり、付加価値の高さが利益となっている。

### 3) メリット

この事業は、メーカーが補修部品を新造すると、補修の需要と生産ロット数の関係で非常に割高なものとなる（生産は数百個同時となるが、需要は数個程度）場合が多いため、多少コストをかけてでも回収したものを利用できれば大幅な経費削減になるとの考えに基づいている。

## (4) リペア

### 1) 現状

同社は、家電量販店等に附随してリペア専門店をフランチャイズにより各地に出店し

ている。修理対象物は、地域（温暖地域と寒冷地域）性、季節によってかなりの変動があるが全体としては以下のとおりである。同社の修理は持込中心のため、出張の必要な冷蔵庫、洗濯機、エアコン等の構成比は低くなっている。

表 3.2-1 リペアされる製品の構成費

製品内訳	構成比（台数）
暖房機器	17%
パソコン	16%
プリンター等パソコン周辺機器	11%
ビデオ	11%
掃除機、炊飯器等白物家電	11%
テレビ	10%
オーディオ	8%
冷蔵庫、洗濯機、エアコン	5%
電話機、FAX	3%
ビデオカメラ	2%
ゲーム機	1%
その他	5%

## 2) 特徴

家電製品は新品の価格破壊が進行しているためリペア料金は圧迫されるものとなっており、コストダウン方策として、メーカーのようにサービスセンターへ輸送することなく、店舗内での修理の完結をはかっている。リペアに用いる部品はメーカーから取り寄せているが、一部の店舗では使用済み製品からの回収部品を用いる場合もある。リユースはメーカーの部品在庫のない古い製品（主にビデオデッキ）に限っており（供給可能なものはリユースしない）、廃棄依頼品をストックしておき、修理が発生した場合にはユーザーの了承を得て使用している。

家電製品の場合、リペア事業は直接一般消費者と触れあうものであることから、宣伝を非常に重視しており、ローカル TV での CM や新聞への折り込み広告等により常時アピールをはかっているとのことである。

## 3) メリット

部品在庫があって店内で修理を完結できる場合、メーカー修理と比較した場合、物流（メーカーまでの往復）が不要となっている分、修理費用、所用期間の面で有利となっている。また、メーカー修理と異なって受け付け現場で技術者が診断を行うことで、受け付け時に事前の費用の見積もりや原因の説明などの一種のインフォームドコンセントが確立しており、ユーザーの信頼獲得をはかっている。

## 4) 問題点

家電についてはメーカーからの部品供給を受けているため、一部のメーカーで実施された部品値上げが事業を圧迫している。

部品供給に関しては、海外生産による供給の長期遅れ、メーカーや事業部によって異なる管理コードの混乱、中国等の製品におけるサポート・部品供給体制の欠如（いわゆる売りっぱなし）が挙げられる。

技術情報については、主要メーカーは有料で公開しているため問題ないが、例外として昨今のデジタル家電等（デジカメ、デジタルビデオカメラ、DVD、ハイビジョン等）は各社とも開発時期であるためか修理ノウハウ等の情報が非常に少ない。また、部品供給

にも問題があるとのことである。

#### (5) その他

2R に関連する事業として、リース事業についての調査結果を示す。

##### 1) 現状

リースには大きくわけてプロジェクトリース（業界では「オペレーティングリース」と呼称）とファイナンスリースがある。プロジェクトリースは予め中古売却を見込んだリース契約・リース金額となっている。ファイナンスリースはリース終了時で費用を回収できるため、回収後は必ずしも売却する必要性はない。

取り扱い品の 9 割がパソコンや OA 機器である。その他としては、什器、建設機械、事業用厨房機器、工作機械、測定機器等である。

現在、PC はリースの継続を行い 6～7 年使用するケースが多い。これは、PC の入れ替えコストが大きいためである。

##### 2) 特徴

回収した PC の売却については、データ消去の契約が前提条件となる。オリックスのブランドがあるため、売却先の選定は慎重に行っている。

##### 3) 問題点等

PC に対するプロジェクトリースは税法上無理である。

一般に、ファイナンスリース業はモノへの意識が希薄であり、スペック等を把握しない体質があるため、積極的な中古販売の展開が難しい。

レンタルはグループ内レンタル会社が行っているが、1～2 年で交換されるため、こちらは回収品をいかに売却するかがノウハウとなっている。産廃処分をせざるをえないような売れ残りはやはり発生するようである。

#### 3.2.2 リユース事業等の問題点の整理

これまでの調査によって提示されたリユース事業等の問題点を表 1 に示す。ここでは、問題点を(1)リユース全般に共通性のあるもの、(2)製品リユース、(3)部品リユース、(4)リペアとして整理した。

##### (1) リユース全般の問題点

リユース全般の問題点としては、信用、技術、法規制が挙げられた。

・信用の問題としては、ユーザーへのアピールやコミュニケーションが挙げられた。具体的には、消費者の「中古品」という悪印象が根強いこと、ユーザーとのコミュニケーションを感覚的なものでなく、明確で客観的・定量的なものとしていくことが望まれること、並びに製品メーカー側等との信頼関係の構築が重要、という意見が見られた。

・技術面としては、リユース品の品質を確保するためには高度な技術や情報等が必要であることが挙げられた、具体的には、リユースにおける残存寿命の判定が一般的に

は難しいこと、リユース事業向きの機能検査機器がないこと、再生作業に必要な知識や技術が高度・複雑であること、が挙げられた。

・法規制としては、使用済み製品の回収において廃掃法の業の許可の問題、また古物商許可の問題がしばしばあることが指摘された。

#### (2) 製品リユースの問題点

製品リユースの問題点としては、信用、コストが挙げられた。

・信用の問題としては、海外流出の不透明性が指摘された。引き取った使用済み製品等の海外への流出は、使用後の適切な処分や部品取り後の適切な残さ処分が担保できないことが問題であり、仕入れ上の信用のリスクを考えると実施できないとのことであった。

・コストについては、主に PC の再生作業にかかるコストと、それに対する新製品の性能向上の問題が指摘された。具体的には、OS ライセンスを始めとするコストがかかるのに対して、新製品の性能が高いため単純にコストパフォーマンス面での競争は困難とのことであった。また、PC では同じ機種を多数再生することによりコストダウンがはかれるものの(機種別にシステム構築に作業コストがかかるが、一度動作するシステムができればあとはコピーしてライセンスを添付するだけでよい)まとまった仕入れがあるとは限らず、負担となっているとのことであった。このほか、有価で仕入れを行っている場合には、相場の変動も問題となるとのことであった。

#### (3) 部品リユースの問題点

部品リユースの問題点としては、信用、需給、技術面その他が挙げられた。

・信用については、自動車部品においてリビルドの定義が明確・共通でないという問題が挙げられた。

・需給については、使用済み製品からの回収部品の供給は、稼働中の同機種の減少と裏腹であるため、供給と需要にアンバランスが生じやすいことが示され、実際のリユース事業における対策として、事故車の購入や回収量の上限設定が行われていた。

・技術については、自動車部品においては、購入者がユーザーではなくプロショップであるため、作業性などの技術面を含めたアピールが重要との意見があった。

・その他としては、部品回収を行った後の残さについてリサイクル・適正処分を確立することが 2R 推進の上で重要という意見があった。

#### (4) リペアの問題点

リユース部品の需要先でもあるリペアの問題点としては、技術面、コストとメリット、リユース部品ニーズが挙げられた。

・技術面の問題点としては、リペアを独立した事業として営もうとする場合に製品メーカーからの情報開示が不足していることが挙げられた。

・コストとメリットについては、家電製品などでは新製品の価格破壊が進行している

ため、買換えに対するリペアの費用上のメリットが小さいことが挙げられた。また、リペア事業を圧迫するもう一つの要因として純正リペア部品の値上がりが指摘された。

・リユース部品のニーズについては、自動車部品において、我が国ではユーザーのスキルが低く自分で自動車整備ができないこと、保険システムが直接修理工場に支払う形になっていることが挙げられ、これらによりリユース部品をユーザーが選択する機会とメリットがなくなっていることが指摘された。

・中国メーカー等、サポート体制なしの売りっぱなしの製品が存在する。

#### (5) 部品供給

リペアに関連する部品供給上の問題点については、メーカーの影響、部品種類の混乱が挙げられた。

・メーカーの影響としては、我が国の問題として、自動車部品では自動車メーカーが強すぎサードパーティーが育たないこと、家電品などでは部品 OEM 元から直接購入できないためメーカーを介して高価な純正部品を購入せざるを得ないことが挙げられた。

・また、PC では OS メーカーが OS ライセンス供給を 5 年で打ち切るため古い PC の再生ができなくなること、部品の共通規格も変遷が早く、古いものは供給がないことが挙げられた。

・部品種類の混乱については、同じ部品でも企業内部で事業部によってコードが異なっていたりすることがあり、できれば業界レベルでコードの共通化が望まれるという意見があった。また、微妙にネジ穴の位置など構造が違うだけの部品は共通化することが望ましいとの意見があった。

#### 3.2.3 課題の抽出

以下にリユースの拡大に向けた課題を整理する。

##### (1) リユースのメリットの明確化、定量化

リユースは、現状では消費者等に概念として定着しておらず、一般的には「中古品」という劣悪なイメージで捉えられがちである。消費者に概念の普及定着をはかるためには、リユースのコストや環境の両面でのメリットを明確化し、また品質保証システム等を構築し、そのアピールを行っていくことが望まれる。

具体的には、コスト面の事例としてはリユース部品の活用による経費節減（部品在庫・管理コストの圧縮、部品需要が少ない場合の新造部品ロット生産のロス回避等）による低価格化、アSEMBリでの交換による作業簡易化に伴うトータルコストダウン等があり、これらの定量的な分析に基づくアピールが可能と考えられる。また環境面としては、リユース部品と新造部品を比較しての資源の節約や CO2 排出量の抑制、廃棄物の抑制等の定量比較を行うことが考えられ、環境面とコスト面の両方でメリットが

あることをアピールしていくことが望まれる。

## (2) リユース事業への信頼確立

### ・寿命、品質の確認、保証

リユース品は新品に比べて使用による劣化や疲労を経験していると考えられるため、部品・製品の品質検査、残存寿命の把握並びにこれらについてのユーザーへの保証が重要な課題となってくる。残存寿命については情報が十分に集まれば解析できる場合もあるが、そうした情報を集められるリユース事業は少ないと考えられ、また、あらかじめ製品に寿命の指標となる情報を履歴として記録する機構が備わっている必要がある(複写機のカウンタ、自動車のタコメータ等)ことからリユース事業者単独では実施は困難である。

品質については、構造部品等であれば外観が全てであるが、機能部品は正しく動作するかをチェックする必要がある、熟練の技術者か、あるいは専用のテストが必要となってくる。

厳密な品質検査や寿命把握の難しいリユース事業においては、品質保証システムの構築とアピールはリユースの普及定着において不可欠と考えられる。

### ・メーカー、一次利用者との信頼の確立

リユース事業として継続的に運営していくためには、ユーザーだけではなく仕入れ元となる一次利用者と安定した信頼関係を確立していく必要がある。また、整備等においてはメーカーからの技術情報も必要となることから、信頼を確立することが必要であり、リユース品の追跡や事業者の資質の認証等のシステムが有効と考えられる。

## (3) 需要と供給

### ・リペア部品の需要とリユース部品の供給のバランス(部品リユース)

リユース部品は製品の廃棄に伴って回収されるため、製品の稼働数が減少すると部品供給に対する需要が減少するというバランス問題を抱えている。梅田(2001)はこの問題をリユース限界率と定義し、生産台数に対するリユース可能台数の比率として表現した。この分析によれば、レンズ付きフィルムのようにサイクルの短い製品では回収率の向上が有効であり、複写機のように数年間のライフサイクルの製品であれば多世代での共通化設計、特に回収と販売が一致する世代、機種間での共通化が有効という結果が示されている。

実際のリペア向け部品リユース事業における対応としては、同機種の稼働数の事故車のみを対象とする、リユース向けに回収する数量の上限を設定するといった方法が執られている。これらの方法はビジネスとしては有効であるもの、回収された使用済み製品の有効活用という視点からは、利用可能な部品が廃棄されるという問題点がある。将来的な対策としては、世代間の部品共通化や汎用化といったメーカー側の協力、カスケードリユースによる需要開拓が望まれるところである。

#### (4) リユースコスト

##### ・新品との価格競合の回避（製品リユース、リペア）

家電製品、PCのように価格破壊が進行している製品や技術進歩の著しい製品では、リペアやリユース品の購入は、消費者にとって新品の購入に対するコスト面での魅力が低い。コスト低減のための努力として、リペアプロセスの合理化やリユース部品の活用等が必要であるが、その一方でコスト面以外での魅力を打ち出していく必要があり、例えば、リペアやリユースによる環境負荷の削減量の定量表示等が考えられる。

#### (5) その他

##### ・定義の明確化（リユース、リビルド等）

リユースには部品リユース、製品リユースをはじめ、リビルド、リマニュファクチャリング等様々な形態、方法が存在しているが、我が国ではオーソライズされた体系整理はまだなされていない。特に、リビルド等は実施している事業者によって定義がまちまちであることから、利用者にとってのアピールが難しい状態にある。少なくとも業界レベルでの統一化が望まれるところである。

##### ・消費者のスキルの向上（部品リユース）

我が国においては、消費者は整備や修理を全てメーカーに任せてしまう場合が殆どであり、アメリカのように自力で行える人はほとんどいない。このため、消費者自らがリユース品の使用等について判断する機会がないことがリユース促進を妨げていると考えられる。消費者への普及活動においては、単なるリユース品のアピールに留まらず、こうしたスキルを向上しうるような情報提供を行っていくことが望まれる。

##### ・部品種類の統合化（製品リユース、リペア）

リペア部品には、同じ部品であるにも関わらず部品コードが違っていたり、あるいは僅かな差だけがあったりするといった管理上の問題があり、コスト増大の一因となっている。コード体系の統合化、共通化設計の普及定着といったメーカー側の取り組みが望まれる。なお、理想的には部品はベンダーから直接入手できることが望まれるところである。

表 3.2-2 2 R の構築に向けた問題点の整理(1)

項目		問題の内容	望まれる対策、方向性	
リユース全般の問題点	(1) 信用	・消費者の認知	『中古』のイメージが悪い。社会としてのリユースへの受け止めが不足している。ユーザーに安心感を与える材料が必要。	・信頼性の向上 保証を明確化することが必要。信頼感の高い企業が出てくるとユーザー認知が高まるだろう。 ・テスター等のアピール効果 テスター等の目に見える形があるアピールが有効性が高い
		・コミュニケーション	ユーザーは環境について定量的な情報を求めるようになってきている。	・定量的なアピール 二酸化炭素排出量をパッケージに記載するなど、環境への貢献を定量的にアピールすることも必要。定量評価でリユースの環境側面を明確化することができれば、高い、安いだけでない選択肢を顧客に提示できる。
		・製品メーカー等	品質について、あいまいな表現をするとトラブルが起きやすい。	・ユーザーコミュニケーション 定量的に品質を明確化するユーザーコミュニケーションの確立が必要
	(2) 技術面	・寿命判定	リユース部品の残存寿命判定が難しい	・判定ノウハウの構築 ・履歴追跡の容易化
		・機能検査	機能部品の適切な検査機器がない	・検査機器の開発 リユース部品の検査のためのテスターを開発した(自動車)
		・再生作業	リユースPCの再生作業には手間と専門知識が必要	・メーカーからの技術情報の入手 ・技術者の確保
	(3) 法規制	・回収の制約	リサイクル目的での回収は、輸送費を徴収したいが、廃掃法が障害となる。	・法体系の整備 2 R 促進のためには、リサイクル、指定制度、廃掃法から外してもらおう施策が望まれる。 廃棄物かどうかは、輸送段階ではなく受け取ってから判断することが合理的では無い。
リース会社は広域許可が買えないため、効率的なシステムを組めず、各リース会社で共同処理することが難しい。				
製品リユース	(1) 信用	・海外流出リスク	海外輸出のニーズはあるが、部品取りしたあとに不法投棄等の心配があり、リスク上対応しかなる	・受け入れ・追跡体制の整備 現地での受け入れ・追跡体制の整備が必要。
	(2) コスト	・マスタの作成コスト	PCでは、マスタの作成にコストがかかるため、同機種をまとめて仕入れないと利益にならない	・リース会社等からの仕入れ PCでは、リースアップ品を対象とすることで同機種を数量としてまとめて仕入れることが可能となっている。
		・使用済み製品の仕入れ価格	対象の使用済み製品を有価購入している場合、仕入れ価格が上昇すると事業運営が苦しくなる	
・廉価な新品との競合	PCでは、廉価な新品との性能、価格の両面のパフォーマンスを比較されると苦しい。			
部品リユース	(1) 信用	・業界の不整合	日本ではリビルドの定義があいまいで、事業者によって内容が異なっている。	・リビルド基準の確立
	(2) 需給	・リユース部品の供給不足	使用済み製品からの回収によりリペア部品を供給する場合、市中における当該製品の残存が多い状況では、需要に対する供給が不足する。	・共通化等 世代間・機種間での共通化等の製品設計が望まれる。 ・事故車の仕入れ 自動車では、事故車中心に仕入れることで対応している ・回収数量の抑制 複写機では回収数量を抑制することで対応している ・カスケード化 カスケード的用途開発、あるいは世代間での共通化等の流用可能な製品設計が望まれる。
		・リユース部品の回収過剰	リペア向け部品を使用済み製品から回収する場合、市中における当該製品の残存が少なく回収過剰・需要不足が発生する。	
	(3) 技術	・作業性	自動車部品は、ユーザーではなくプロショップが修理用部品の選択を行うため、コストだけでなく作業性等が求められてくる。	・プロショップ向けのアピール 末端消費者ではなくプロショップ向けのビジネスであるため、その理解をはかるべく、プロショップを意識した内容でのアピール(保証、利益、作業手数等のメリットを示す)を行っている。
(4) その他	・3 R 対象物回収後の残さの処理	有価物や3 R 対象物が回収された後の残さの適正処理の担保が必要である。		

表 3.2-2 2 R の構築に向けた問題点の整理(2)

	項目	問題の内容	望まれる対策、方向性
リペアの問題点	(1)技術面	・情報開示	修理に必要な部品表が開示されていない
		・コストメリットの低下	新品の価格破壊により買い替えに対する修理のメリットが薄い
	(2)コストとメリット	・補修部品の値上がり	家電では、メーカーから供給される補修部品が管理コストの上乗せのため相対的に割高となっており、修理コストが上昇している
		・ユーザースキル	日本では一般ユーザーが自分の車をいじることが難しく、整備や部品交換はもっぱらプロショップまかせとなっていることが中古パーツ等の普及の妨げとなっている
(3)リユース部品ニーズ	・保険制度の問題	我が国の自動車の保険はユーザーではなく工場に支払われるため、ユーザーが安価なリユース部品を選択するチャンスと動機が奪われている。	
部品供給の問題点	(1)メーカーの影響	・純正の圧迫	日本では自動車メーカーが強すぎ、中小サードパーティ等がなかなか育たない。
		・部品の供給の独占	日本ではメーカーが部品の供給を独占しており、OEM元から入手できないため高額な純正部品を購入せざるを得ない。
		・供給戦略	MSは戦略としてアプリアやOSの供給を5年間で打ち切るため古いPCの再生の支障となっている。
		・規格の変遷	PCの部品規格も変遷を辿っており、古いPCは部品不足で再生できない場合がある。
	(2)部品種類の混乱	・コードの混乱	家電業界では、同じ部品でも事業部によってコードが違うことがある。
		・管理システム	既存のコード管理システムでは、製品は適合するが部品がうまくいかない。部品供給メーカーの発行しているコードを使ってほしい。
		・微妙な構造の差	自動車エンジンコアでは、形状に微妙に違いがあったりして共通化できない。
		・設計者の意識	メーカー設計者が、既存設計の利用を優先するため、部品の統合などの配慮を行っているがゆきとどかない。
その他	(1)業界の横並び性	・環境対策の横並び実施	EPRが業界レベルで行われるのが我が国の常であるが、本来EPRはメーカー毎に行うものである。
			・コミュニティサービスとしての修理 準ビジネス、マイクロビジネスといった形での修理。雇用の創出。地域を巻き込んでいくようなあり方が考えられないか。エコタウンのような集約型ではなく、都市に3R機能が分散しているようなありかたもあるのではないか。 ・処分コスト対策としてのリペア 新品価格が安くとも、処分コストが増大すれば、リペア需要がその分増えることになるのではないか。 ・リユース部品の活用 店舗レベルでは回収部品を活用して修理を行っていることがある。 ・保険システムの改善 ユーザーに直接支払うシステム、あるいはリユース部品利用を前提とした保険システムが必要である。 ・規格化による市場解放 PCの場合、純正よりも互換パーツのほうが安い。修理の交換において互換品を使用することは普通に行っている。 ・OEM元からの供給 アメリカのようにOEM元からの部品供給も認めるべきである。 ・部品コード規格化 メーカー間共通化については、秘密事項はそれほどないのではないかとと思われる。相互に使えるコード体系、読み替え体系が望ましい。メーカー間でコードを規格化できれば管理コストが安くなるというメリットがあるはずである。 ・有害部品データベース 部品の有害物質について、部品メーカーが情報を出し、それを国内共通DB化し、共通部品コードの基礎とすることが考えられる。 ・独力でEPRへのサポート 独自EPRを実施したいメーカーへのサポート体制が必要。

### 3.2.4 リペア向けの部品リユースの費用面の分析

リペア向けの部品リユースのメリットとしては、新造部品に比べて、1)アセンブリで扱う場合は取り付け工賃の面で有利、2)金型・管理コスト等の面で有利、3)ロット生産の必要な新造部品に比べてロスが少ない、といったものが挙げられる。ここでは、部品リユースによるリペアと、新造部品によるリペアについてコスト面での定量的な比較分析を行った。

#### (1) 製品廃棄モデル

ワイブル分布を用いて製品の廃棄モデルを想定する。ワイブル分布は初期に生産された製品の、任意の経過年数(t)における廃棄確率の累積値を求めるものであり、以下の式1で表される。

、 は製品毎に経験的に算出される定数である。定数 は分布曲線の形状に関する値で、小さいと左右の裾野が広くなり、大きいと鋭いパルス状の曲線となる。 は累積廃棄確率が0.5になる場合のtの値(半数が廃棄される年数)である。

$$\text{累積廃棄確率 } F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right) \quad \text{式 1}$$

ここでは、初期の生産台数を5,000台とし、平均廃棄年数=10、標準偏差=2.29( =5, =10.89)という製品を想定するものとした。

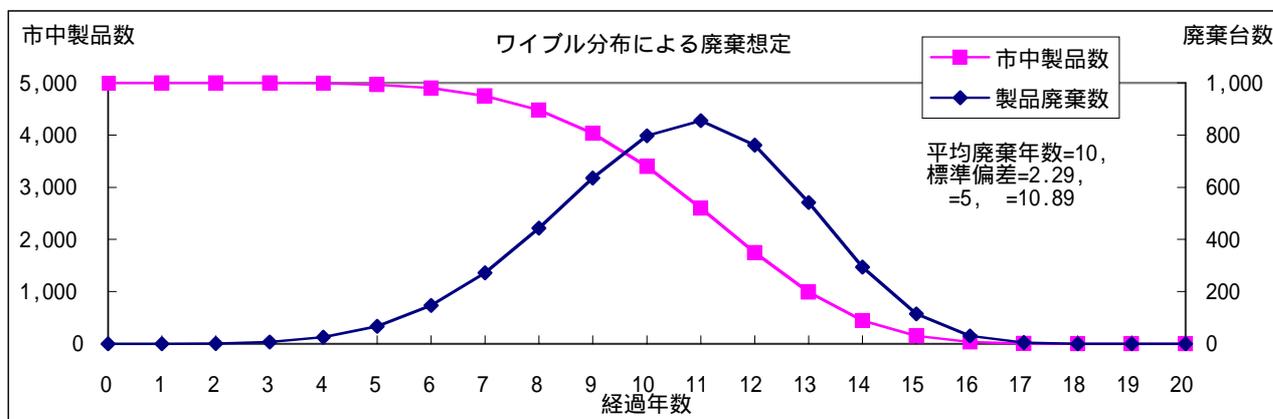


図 3.2-2 想定した廃棄分布

#### (2) コストモデルの設定と新造・リユースの比較

ここでは、新造部品はロット生産のため需要数によりコストが変動(生産費を需要数で割って1個あたりのコストとする)リユース部品は回収量の制限等でロスを抑制できるのでコストは一定、と想定して比較した。想定した費用モデルの構成は以下のとおりである。

	生産・回収費	管理費等	取り付け工賃
新造部品	a.ロット生産費 (数量に関わらず一定)	c.保管・管理・輸送等 (一個あたり一定)	d1.(一個あたり一定)
リユース部品	b.回収・検査等 (一個あたり一定)		d2.(一個あたり一定)

$$\text{新造部品コスト} = a / n + c + d1 \quad (n : \text{リペア部品需要数})$$

$$\text{リユース部品コスト} = b + c + d2$$

各費用を以下のように設定した。取り付け工賃は新造、リユースとも同じと想定した。新造部品は約 165 個生産した場合にリユースと同じ価格になる。

	生産・回収費	管理費等	取り付け工賃
新造部品	a = 10,000,000	c = 5,000	d1 = 5,000
リユース部品	b = 30,000		d2 = 5,000

この設定による、想定廃棄モデルでの部品コストの変化は図のとおりである。なお、各年度におけるリペア発生の確率は廃棄の確率と等しいものと想定した。また、最初の 7 年間はストックがあるため、上記新造部品コストの式が適用しないため、8 年目からのグラフとした。

リペア部品需要数  $n(t) =$

$$\text{市中製品数 } R(t) \times (\text{累積廃棄率 } F(t) \cdot \text{前年の累積廃棄率 } F(t-1))$$

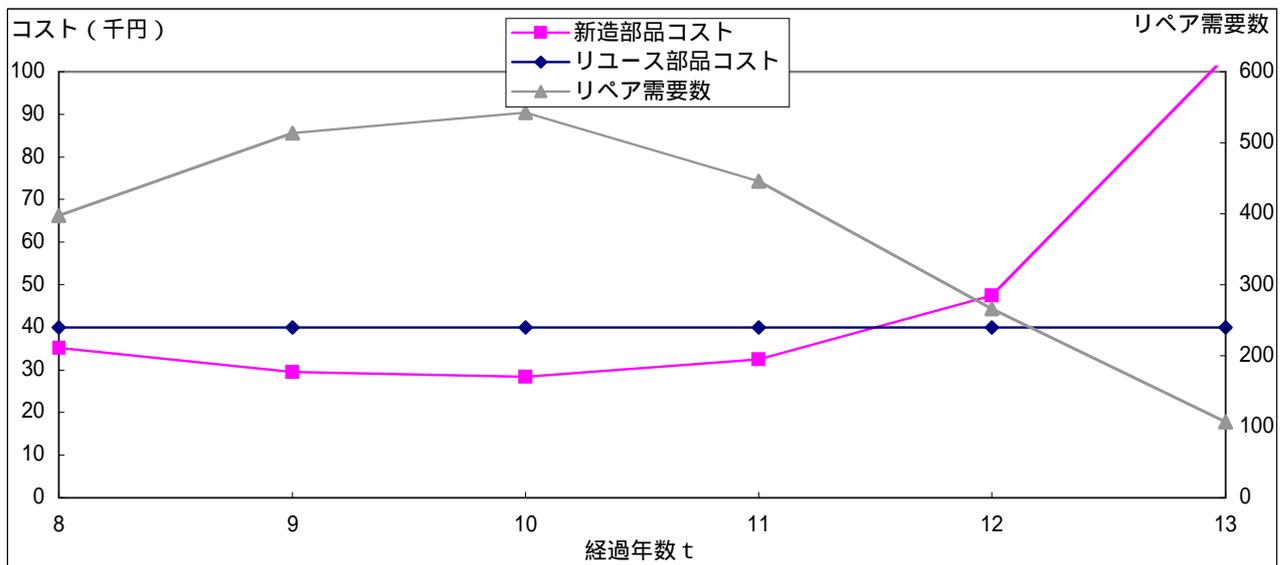


図 3.2-3 費用の比較結果

12 年経過以降において、新造部品よりもリユース部品のほうが安価となる。なお、想定による 12 年目以降のリペア需要 (故障発生) は 403 個 (ライフサイクル全体では 2805 個) である。

### (3) パラメータを変化させた場合のコストの比較

#### 1) 初期生産台数が多い場合

最初の生産数を 5,000 台ではなく 100,000 台とした場合のコストでは、新造部品の有利な範囲は広がり、リユース部品は 14~15 年以降において安価となる。想定による 14 年目以降のリペア需要（故障発生）は 589 個（ライフサイクル全体では 56087 個）である。大量生産された製品においてはリユースは有利とはなりにくい。

#### 2) 、平均寿命の変化

平均寿命を変化させた場合、新造部品コストの極小値が右側（未来方向）に移動するとともにコスト自体も上昇し、リユース部品の有利な範囲が拡大していく。寿命がのびることにより年あたりの故障の発生が相対的に減るためである。寿命が長く、相対的に故障率の低い製品においてはリユース部品が有利であることがわかる。

### 3.2.5 リユースの需給についての分析

リペア向けの部品リユースは、部品供給は製品の廃棄に伴い、部品需要は稼働製品によるという相反する需給バランスの上になりたっている。その対策としては部品の共通化、製品供給の継続等が有効な方策と考えられることから、その有効性をモデルを構築して定量的に検討した、

#### (1) リユース部品の需給バランスの整理

リペア向けの部品リユース事業について、部品の需要と供給のバランスを、以下のよう整理する。

n 期におけるリユース部品供給量：  $S_n$

n 期までのリユース部品累計供給量：  $S_n (= S_1 + S_2 + S_3 \dots)$

n 期におけるリペア部品需要量：  $N_n$

n 期までのリペア部品累計需要量：  $N_n (= N_1 + N_2 + N_3 \dots)$

リユースのみでリペア部品需要を満たすためには、前期(n-1)までのリユース部品の在庫(累計供給量・累計消費量)と当期(n)の供給量が当期のリペア需要量を常に上回っている必要があることから、その条件は以下のとおりとなる。

$$\begin{array}{r} S_n + \quad S_{n-1} \cdot \quad N_{n-1} \quad N_n \\ S_n \cdot \quad N_{n-1} \quad N_n \\ \hline S_n \quad N_n \end{array}$$

#### (2) 部品リユースにおける需給バランスのモデル検討

$S_n$   $N_n$  を満たすための条件を検討するため、

1) 世代間の互換性がなく、生産時期が限られる製品のリユースモデル

2) 世代間に互換性がある（あるいは同一製品の生産が継続する）場合のリユースモデル

### 3) 廃棄が早期から発生する製品のリユースモデル(自動車を想定)

の3モデルを想定し、需給バランスを検討した。その結果、1)よりも2)のほうがリユースのみでリペア需要を満たしやすいという傾向があきらかとなり、カスケードを含む世代間・機種間の共通化設計の優位性が確認された。また、 $S_n$   $N_n$ の成立にプラスに寄与する要因について検討した。また、3)については、リペア需要を全てリユース部品で満たすことは困難という結果となった。

#### (3) 費用について

製品の寿命とその分布、部品の生産にかかるコストと回収コスト、管理コスト・工賃といったパラメータが把握できれば、リペア部品を新造で確保するか、リユースを活用するかを事前に定量的に判断できることが明らかとなった。これらの情報は、製品開発の時点でも既存事例等から相応の確度をもって把握可能と考えられることから、製品設計・生産段階で部品リユースを組み込むことが容易となるものと考えられる。また、こうした定量的なコスト予測が普及すれば、部品リユースの拡大・促進に寄与するものと思われる。

#### (4) リユース部品の需給について

製品のタイプに対して、リペア需要に対するリユース部品の過不足条件が明らかとなった。具体的には回収率が高い、廃棄の発生が短期間に集中するほど需要を満たしうる供給が可能となるという結果となった。

リユース部品供給過剰への対策としては a. 部品回収の抑制、b. カスケードリユース化が、リユース部品供給不足への対策としては a. 新品部品を追加生産、b. サポート終了、といった c. 部品汎用化による回避が挙げられる。

部品回収の抑制、あるいは新品部品を追加生産、サポート終了といった選択肢は現実で行われているものであるが、コストメリットや資源活用上のロスが生じるものであり、カスケードリユース化や部品汎用化といったオープンリユースによる対策の実現・普及が望まれるところである。

### 3.2.6 カスケードリユースモデルの検討

#### (1) カスケードリユース想定モデル

自動車エンジン利用による家庭用コージェネレーション

#### (2) 目的

我が国では原子力発電の休止による電力不足が深刻な問題として危ぶまれており、また将来に渡っては電力需要の増加が重大な問題となると考えられる。対応策としては 1) 火力発電の再開・増設、2) 省エネルギー対策の徹底による電力消費削減、3) 自家発電・コージェネレーション、4) 風力・太陽光等の新エネルギーの活用が考えられる。現状では主として 1) による対策が電力会社により進められているところであるが、地球温暖化問題を考慮するとむしろ 2) 並びにエネルギー効率の高さが期待できる 3) の普及が望まれるところで

ある。4)は理想的ではあるが、エネルギーの安定供給性やコストの問題から近い将来の対策としては困難と考えられる。

3)の中でも、電力だけでなく熱利用の可能なコージェネレーションは以前からエネルギーの利用率が高いものとして注目され、工場や事業所等を中心に導入されてきた。反面、既存のシステムは大掛かりで高価かつ高い信頼性の求められるものであり、リユース品ゆえの一定のリスクを伴うカスケードリユース製品の入り込む要素は考えにくい。他方、家庭向けであれば、故障や動作不良程度のリスクは無料保証サービスによりカバーすることが一般に受け入れられており、カスケードリユース製品の導入は可能性があると考えられる。

既存のコージェネレーション製品のうち家庭用として開発されたものはごく少数であり、今だほとんど競合のないニッチ市場であると考えられる。そこで、資源の有効利用、二酸化炭素の排出抑制、電力負荷の削減に寄与することを目的として、使用済み自動車エンジンのカスケードリユースによる家庭用コージェネレーションシステムを検討するものである。

### (3) システムの概要

#### 1) 構成

- ・軽自動車用エンジン  
(リユース品・LNG用改造)
- ・発電機
- ・熱交換機
- ・貯湯タンク

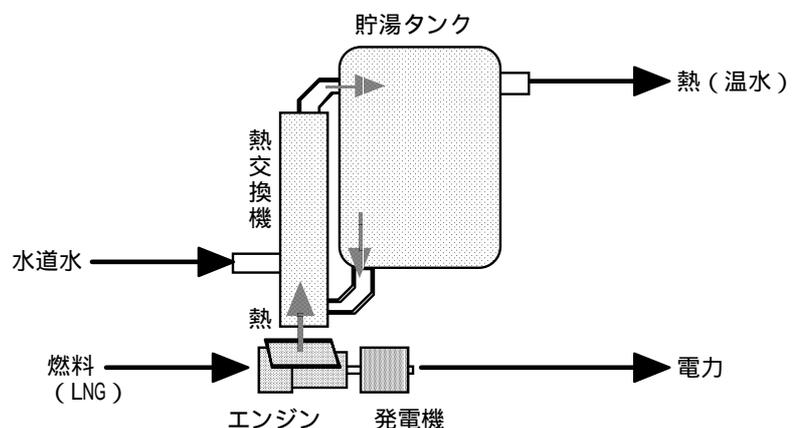


図 3.2-4 カスケードリユースによる家庭用コージェネレーションシステム構成

システムは、電力と温水を家庭用に供給するものとした。温水は蓄積可能であるが電力は蓄積できないため、電力需要に応じて発生する熱を温水とし蓄積し、後で使用するためのタンクを備えるものとした。また、システムの効率、燃料の低位発熱量に対して電力 20%、熱供給 60%とした(タンクからの熱損失は含まない)。

#### 2) 定格出力

- ・エンジン最大出力：52ps (38kw)
- ・最大発電量：25.3kwh (システムの発電効率 20%)
- ・最大熱供給量：63.3wh (システムの熱効率 50%)  
= 54,500Kcal (総合熱効率 70%)

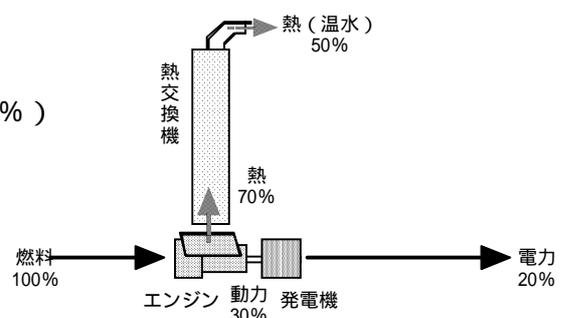


図 3.2-5 カスケードリユース家庭用コージェネレーションのエネルギー効率

このシステムを最大出力で運転すると、100V で 253A 供給となり、通常の家庭向けとしては過大である。常時は、この最大定格の 10% 程度で運転する (25A) ことと考えられる。この場合の熱供給は 6.3kwh (= 5,450Kcal) となり、例えば風呂用に 200 リットルの水を 40 加熱するとした場合、

$$1.47\text{h} = 200 \text{ リットル} \times 40 / 5,450\text{Kcal}$$

となり、給湯の熱口スは考慮しない場合約 1 時間半で供給可能である。実際には、家庭用の電力は数時間に渡って必要とされると考えられることから、例えば貯湯タンクを 80 × 300 リットルとすると、25A で 4.4 時間、12.5A で 8.8 時間の運転が可能となる。

### (3) 検討項目

#### 1) 運転コスト試算

比較対象の H 社家庭用小型コージェネレーションユニットのコストは以下のとおりである。

価格：45 万円 (ハードウェアのみ)

出力量：電力 1.0KW、熱 3.25 KW = 2,795Kcal (総合熱効率 85%)

燃料消費量：LNG 0.5Nm<sup>3</sup>/h (32 円/h)

エネルギー単価：

電力のみの場合 32 円/kwh

電力 + 熱 7.5 円/kwh (熱と電力を等価換算した場合)

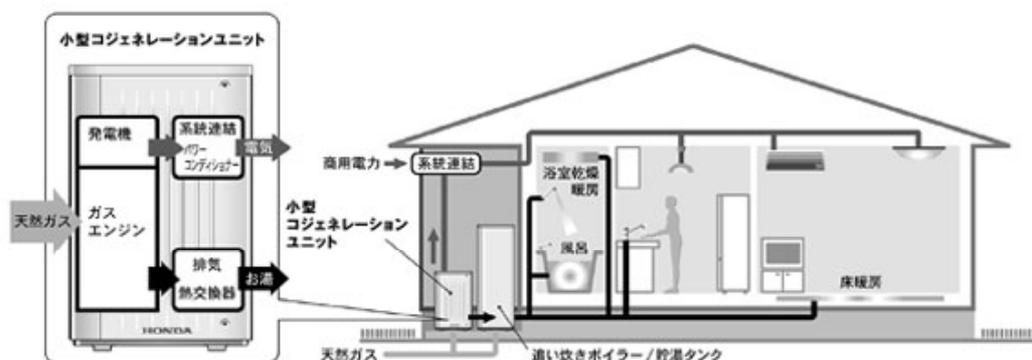


図 3.2-6 H 社小型コージェネレーションユニットの概要

今回のシステムのコストは以下のとおりである。熱効率をやや低く設定したため、22% ほど割高という結果となった。

出力量：電力 2.5kwh 熱 6.3kwh (10% 運転時)

燃料消費量：LNG 1.27 Nm<sup>3</sup>/h (81 円/h)

エネルギー単価：

電力のみの場合 32.5 円/kwh

電力 + 熱 9.2 円/kwh (熱と電力を等価換算した場合)

#### 2) 本体価格での比較

今回のシステムの本体価格は以下のとおり設定した。比較対象の H 社ユニットは貯湯タ

ンクなしの価格であるので、少なくとも 65 万円となり、本体価格ではカスケードリユースシステムが有利となる。

表 3.2-3 カスケードモデルの本体価格の推定結果

費目	価格	備考
エンジン（リユース品）	100,000	600CC
発電機	50,000	
熱交換機	70,000	
貯湯タンク	200,000	300リットル
フレーム、配管等	30,000	
加工費	50,000	
計	500,000	

### 3) 使用期間を踏まえた比較

使用を、1日に風呂2杯分の熱供給（熱：2×200×40Kcal）と想定した場合の1日あたりの費用（本体価格／総経過日数＋燃料費）は以下のとおりである。（燃料費はカスケード238円/日、H社183円/日）

使用期間が7年目までであればカスケードが有利となり、その後の差も小さい。H社製品に比べて遜色ないコストパフォーマンスを発揮できるポテンシャルがあることが示された。

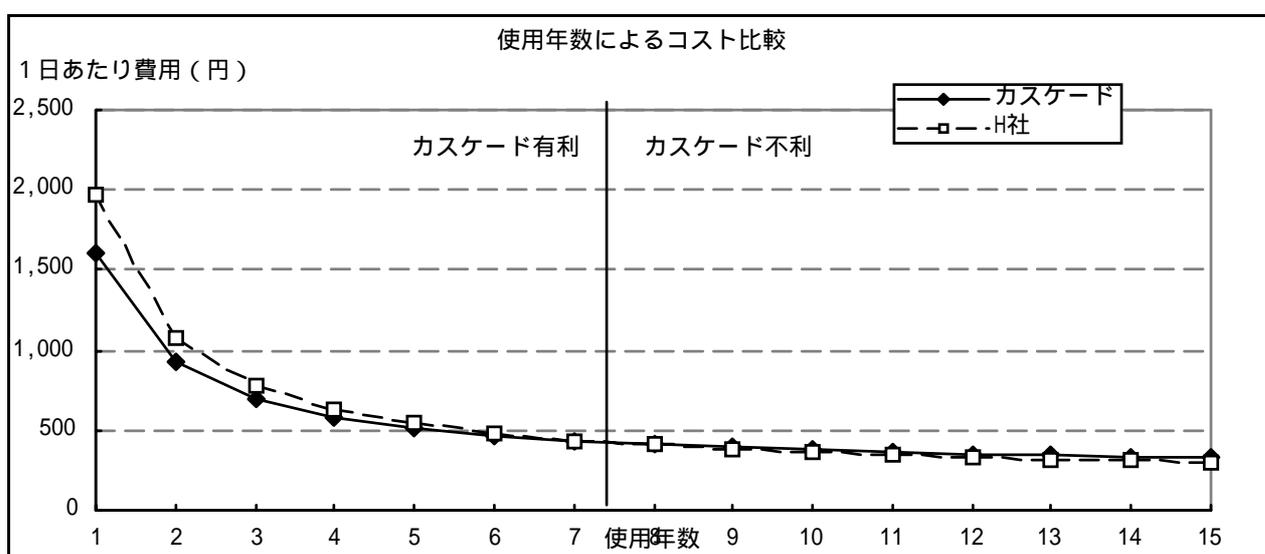


図 3.2-7 使用期間による1日あたりのコストの比較

### 3.2.7 リユース拡大の促進に向けて

#### (1) リユース拡大のもたらす効果

今回の調査の結果として、カスケードリユースを含むオープンなりユース・リデュースのビジネス上のメリットが明らかとなった。ここでは、そうした有効性を通じてリユース拡大がもたらしうる社会貢献について述べる。

### 1) オープンリユースによるあたらしいものづくりの活性化

近年、我が国の製造業の空洞化が問題となりつつある。一つの原因としてはメーカーの海外移転であるが、今回の調査でも明らかとなった、一般社会レベルでの機械製品に対する技術力水準の低下も、製造業を支える人材育成という面で大きなマイナス要因であると考えられる。これには、国の教育行政のありかたや社会風潮、テクノロジーの複雑化などの様々な原因があるが、我が国メーカーの過剰ともいえる製品品質やサポート体制によって、ユーザーが自らメンテナンスやリペアを行う機会が著しく減少したことも大きな要因であると考えられる。

諸外国では、例えば欧米先進国でも自動車整備は一般家庭の日曜行事の一つであり、我が国よりも一般社会における機械整備に関する資質水準は高いと思われる。また、発展途上国などでは輸入した中古製品を修理・改造して販売することがビジネスとなっており、こうした産業を通じて技術力を貯えている状況にあると考えられる。たとえば、イラクは過去はオイルマネーにより製品は外国から買うだけであり、近年の日本と似たような「使うだけの消費者」であったが、湾岸戦争以降の経済制裁でこうした輸入が制限されることとなった。このため、イラク国民は自動車やPCを自力で修理したり改造したりしながら使うことを覚え、市中の技術力は向上しているという。

これらの事例を踏まえると、今回の調査テーマであったカスケードリユースを含むオープンリユースやリペア(リデュース)には、メーカー以外の事業者や消費者にも機械を整備するチャンスを与えることにより、一般社会レベルでの技術力を養成し、将来のものづくりに向けた人材育成を促進する効果があると思われる。従って、オープンリユース・リデュースの推進は、我が国の産業空洞化を防ぎ、ものづくり日本を復興していくためにも有効性が大きいと考えられる。

### 2) 余剰部品の有効利用による資源活用と経済効果

部品リユースにおいては、部品の回収と市中製品の減少は同義であるため、同じ部品を同じ製品に限定する限り、需要がなく廃棄・リサイクルされる余剰部品という口を抱えることになる。部品用途を他に確保するカスケードリユースが確立できれば、資源の有効活用に資するだけでなく、従来は利益にならなかったような古い世代の製品の部品でも売却利益を得られる可能性があり、適正処理・リサイクルを経済原則に乗っ取って促進するというメリットがある。

こうしたカスケードリユースや世代間・機種間でのリユースは、エンジンをはじめとする付加価値の高い部品について主に海外輸出により行われているが、国内でより広範な部品を対象として実現していくためには作業工数の低減や一定水準での品質保証が必要であり、メーカー側の仕様情報開示や部品共通化が重要である。

### 3) オープンリユースによる 2R 市場の活性化

今回の調査により、独立した事業者が営むオープンリユースにおいては、ビジネスとして成立させるための様々な独自の工夫や特徴があることが明かとなった。既存の

ブランドや企業組織の制約の強いメーカーとは異なって、こうした事業者による 2R ビジネスはより挑戦的な取り組みが可能であり、コストダウンや価値の創出に向けた新しいビジネスモデルが生まれうる可能性が高いといえる。循環型社会の構築に向けて、様々な製品・ライフサイクルに適用していくために多様なビジネスモデルの創出が必要であり、こうしたベンチャー的な要素を持つオープンな 2 R 事業の育成は有効性が高いといえる。

一方で、2R を含む広い意味での廃棄物処理業は従来からアンダーグラウンドな要素が付きまとう世界であり、とりわけベンチャー企業にとっては排出者・メーカー・ユーザー・行政等からの信頼の確保は重要な課題である。関連法規の遵守や契約、使用済み製品の追跡管理、リスク管理等を始めとした信頼向上方策について、認証制度やマニュアル等の支援措置が望まれるところである。

## ( 2 ) リユースの拡大に向けた促進方策

我が国では、製品や部品において「新品」への志向性があり、リユースには「中古」というだけで価値が低いかなのような風潮が根強く存在する。2R の拡大をはかる上で、こうした偏見を解消していくことが重要であり、メーカー、2R 事業者等を始めとする関係者の取り組みが必要と考えられる。

### 1 ) リユース品の信頼確立に向けた第三者的な品質保証

一般に、リユース品は新品に比べて品質が劣化し性能が悪化していると思われがちである。実際には、新品レベルにまで性能を回復して販売している場合であってもそうした疑念は根強く残るものであることから、権威のある第三者機関による認定・品質保証、並びに瑕疵への担保（無料交換期間の設定等）体制の構築が重要である。無料交換については既に自動車部品等を始めとして行われており、重要なサービスとして関係各社の取り組みが進められている。

### 2 ) 2R におけるコスト、環境面でのメリットの定量的なアピール

循環型社会形成に向け、これまでリユース・リデュースに無縁な存在であったメーカーや流通事業者等を 2R 展開にまきこんでいくためには、コストを始めとした 2R のもたらす効果を数値として明確に算出することで、ビジネス上でのメリットをアピールすることが重要である。また、一般消費者が抱いているリユース品の悪印象を破るには、無料交換期間などの保証サービスも重要ではあるが、実際のデータとして環境面での数値評価結果をたとえば環境ラベルのような形で提示することが説得力が高い。

こうしたアピールの望まれるメリットの例としては以下のとおりであり、今後も実際の事例に沿ったアピールが望まれるところである。

#### < コスト面でのメリット（流通・メーカー向け） >

- ・ 新品部品のロット生産に対する調達コストの安さ（ロット生産数に対して補修ニーズが小さく無駄が発生する場合）
- ・ アセンブリのまま作業できる場合の取り付け工賃の節約

- ・管理、在庫コスト等の圧縮による低価格化
- <コスト、性能面でのメリット（ユーザー向け）>
- ・トータルコストでのメリット（売りっぱなし製品に対しリペア化による総費用削減）
- ・単純性能ではなく機能バランスのとれたバージョンの製品提供（PC・旧 OS 機種  
の提供等）
- <環境面でのメリット（ユーザー向け）>
- ・環境負荷（CO2 等）の抑制効果
- ・資源消費の節約効果

### 3) 2R 推進に向けた部品の共通化、情報開示の重要性

我が国では、耐久消費財は多くのメーカーから毎年新しい多数の機種が供給されている。実際にリペアや部品回収を行うサイドからは、ほとんど同じと思われる部品も多いとのことであるが、わずかな差や仕様の不明により転用によるリペアはリスクな現状にある。

リペアにおいては、価格破壊との競合や純正部品の値上がり等が問題となっており、同じ部品を転用できれば安価でのリデュースが可能となる。また、部品リユースにおいても、転用が可能となれば回収部品の需要範囲が増加することから、使用済み製品の価値や利用性を大きく向上し、適正処理・リサイクルを推進することになる。このほか、部品コードの混乱も管理コスト上問題となっており、業界レベルでの統合性が望まれるところである。

2R を促進していく上で、部品共通化・規格化、ならびに仕様開示は重要な要素であると考えられ、製品メーカーやその業界機関、さらには部品メーカーによる取り組みが望まれるところである。

### 4) 2R をとりまく法規制の改善

今回の調査においても、2R 事業を展開していくうえで、使用済み製品が相場価格変動や所有者等によって廃掃法（廃棄物と清掃に係る法律）における廃棄物となる場合があり、廃棄物の収集運搬・処分業の許可取得が障害となること、リユース品の販売において古物商許可が必要となること、が問題として指摘された。これらの法規制は、廃棄物処理や古物売買における不当な行為を抑止する必要性から定められているものであるが、一方で 2R の展開の障害となっており、循環型社会形成に向け既存規制の根本的見直しが望まれるところである。

### 4. 調査研究の今後の課題及び展開

リユースを拡大する技術につき、二つの部会を作り、技術の側面とビジネスの側面から調査研究を進めてきた。その結果、リユースの拡大のために必要な技術として、品質保証 / 寿命予測、モジュール化設計、易分解性設計、洗浄技術などを指摘した。また、ビジネスの拡大には、部品の共通化 / 情報開示、品質保証が必要なことを明らかにした。これら

課題の解決が必要である。

しかし、これら個々の課題が解決すれば、リユースが十分に活発化するという訳ではない。ボトムアップのアプローチとして個々の課題を解決することは、あくまで個々の効果しか生ずることができない。一方、循環型社会のあるべき姿を描き出し、現在の社会に欠けているものを補うというトップダウンのアプローチからは、社会で利用される製品の循環（設計、生産、利用、廃棄、回収、再利用）を完結させる経路の弱点を補強することの必要性が浮かび上がってくる。つまり、循環型社会のためのしくみ／システムや市民（消費者）のライフスタイルを循環型社会に適合するよう変えることを重視すべきだと言うことである。これらによって、リユースを始めとする循環が大きく促進されることが予想される。いい言い換えれば、現在の社会では、消費者（ユーザ）のところで循環の輪が細くなって、多くの場合とぎれてしまっている。また、生産拠点が海外に立地するようになると、一国だけで設計、生産、利用、廃棄、回収して、生産に再利用するという循環を完結することが難しくなっている。

今後、循環型社会構築を目指して、循環の弱点、問題点を分析し、対応するための制度／しくみを明確化、提案していくことが必要であろう。

- 禁無断転載 -

14 - R - 10

リユース拡大技術に関する調査研究報告書  
- 要 旨 -

平成15年3月

作 成 財団法人 機械システム振興協会  
東京都港区三田一丁目4番28号  
TEL 03(3454)1311

委託先 財団法人 製造科学技術センター  
東京都港区愛宕一丁目2番2号  
TEL 03(5472)2561