

平成13年度 調査研究報告書

平成13年度
インバース・マニュファクチャリング
フォーラム調査研究報告書

平成14年3月

財団法人 製造科学技術センター

目次

■ 活動概要

1. 調査研究の目的	1
2. 実施体制	2
3. 委員会活動	3
4. 普及・啓発活動	10

■ フォーラム委員会の活動

I. 企画委員会

インバース型人工物システムタスクフォース

1. はじめに	12
2. 基礎データ	18
3. 迅速循環の環境への影響	39
4. 迅速循環による省エネルギー効果算定の一般化	53
5. 家電製品のインバース・マニファクチャリング がもたらす雇用効果	61
6. 市民生活への影響	75
7. まとめ	85

II. ビジョン構築委員会

III. ライフサイクル設計委員会

インバース・マニファクチャリングとライフサイクル設計	102
----------------------------	-----

IV. 新環境評価委員会

1. 背景と目的	122
2. 活動の概要	122
3. 成果の概要	123
添付資料	126

活動概要

1. 調査研究の目的

近年、日本国内においては、廃棄物の量的増大と質的变化が生産環境及び住環境に大きな影響を及ぼしつつあり、焼却能力を超える大量の廃棄物の発生、最終処分埋立地の不足、処理が困難な廃棄物などによって、環境の悪化、廃棄物処理費用の負担増が国民生活や企業活動への制約につながるものが懸念されている。このような状況の中で、21世紀に向けて、活発な生産活動を持続しながら、環境悪化を引き起こすことなく資源の有効利用を図り、かつ、経済性を保持するためには、環境共生型の経済社会の構築が不可欠となっている。

このため、自然環境に放出することにより浄化を期待するという、現在の生産活動、すなわち「設計→生産→使用→廃棄」といった、順工程に注目した生産システムから、「回収→分解・選別→再利用→生産」といった、逆工程も重視した循環の製品ライフサイクルを前提とする新たなモノ作りへの転換が望まれており、そのため、従来、廃棄されていた使用済み製品を回収し、製品、コンポーネント、部品、材料の形で効果的に再利用する製造技術体系、すなわち「インバース・マニュファクチャリングシステム」の確立を目指すことが必要となってきた。

このような社会的要請に対し、通商産業省（現 経済産業省）でも、閣議決定された「経済構造の変革と創造のための行動計画」に掲げられているように、平成8年度から「リサイクルを意識した生産システム（インバース・マニュファクチャリングシステム）の開発」を予算化して、具体的な政策展開を進めてきた。

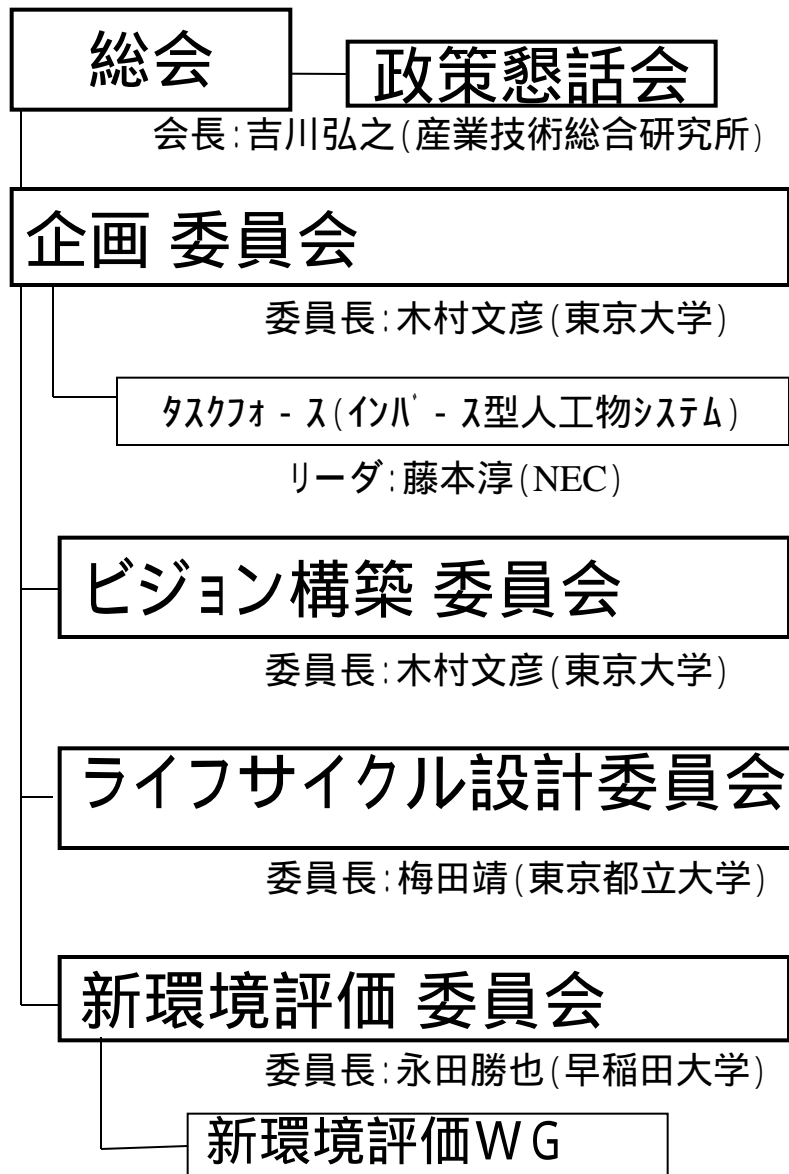
以上のような考え方を実際の製品設計及び製造プロセスに導入するとともに、社会全体の潮流としていくために、平成8年12月、（財）製造科学技術センター内にインバース・マニュファクチャリングフォーラムを設置した。このフォーラムを母体として広く産業界全体、学界、行政が一体となって議論を行い、循環型社会構築のため、技術面からの具体的な調査研究を行っていくことを目的としている。

平成12年5月には、循環型社会形成推進基本法が成立し、我が国においても、持続可能な経済社会の構築に向けた取り組みが本格化してきており、当フォーラムへの期待も大きくなっている。

2. 実施体制

システム検討委員会は昨年度で終了し、本年度新たにビジョン構築委員会をスタートさせた。また、企画委員会のもとに「インバース型人工物システム」のタスクフォースを設置し、半年間精力的に活動した。

H13年度 IMF委員会体制



3. 委員会活動

3. 1 委員名簿

企画委員会

(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 国際交流室 国際交流主幹
池田 三郎 筑波大学 社会工学系 教授
馬場 靖憲 東京大学 先端経済工学研究センター 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式会社 技術開発本部 プロジェクト計画部 部長
木村 均 株式会社 荏原製作所 エンジニアリング事業本部 新規事業統括・企画部 部長
東尾 一孝 株式会社 クボタ 技術開発本部 研究開発企画部 部長
後藤 輝正 シャープ株式会社 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
高松 信彦 新日本製鐵株式会社 技術総括部 部長代理 技術総括グループ マネージャー
尾園 次郎 株式会社 東芝 社会インフラシステム事業部 環境機器・装置部 部長
山本 司 トヨタ自動車株式会社 環境部 BRリサイクル法制化準備室 室長
三枝 信雄 日産自動車株式会社 先行技術開発本部 第1先行技術開発部 主管
藤本 淳 日本電気株式会社 環境技術研究所 研究マネージャー
浦上 毅 株式会社 日立製作所 システム事業部 公共・社会システム本部 社会第1システム部 部長
渡辺 富夫 富士ゼロックス株式会社 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 松下電器産業株式会社 生産技術本部 環境生産技術センター 参事
相川 良雄 三菱マテリアル株式会社 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

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

企画委員会
インバース型人工物システムタスクフォース

(順不同)

リーダー

藤本 淳 日本電気株式会社 環境技術研究所 研究マネージャー

委員

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

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

山際 康之 ソニー株式会社 MNC 実装推進部 課長

小林 英樹 株式会社 東芝 研究開発センター 環境技術・分析センター 研究主務

春木 和仁 株式会社 東芝 研究開発センター 環境技術・分析センター 研究主幹

石田 智利 株式会社 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

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

副委員長

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

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

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

高橋 淳 東京大学大学院 工学系研究科 環境海洋工学専攻 助教授

馬場 靖憲 東京大学 先端経済工学研究センター 教授

中西 友子 東京大学大学院 農学生命科学研究科 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

服部 光郎 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 副部門長

外山 良成 石川島播磨重工業株式会社 技術開発本部 プロジェクト計画部 ナショナルプロジェクトグループ 課長

朝倉 紘治 財団法人 エンジニアリング振興協会 研究理事

大佐 茂和 株式会社 クボタ 技術開発本部 研究開発企画部 課長

西尾 清明 新日本製鐵株式会社 技術総括部 技術総括グループ マネージャー

酒井 康一 ソニー株式会社 社会環境部 担当部長

岡本 政弘 豊田工機株式会社 技術研究所 研究推進部 主査

三津石源一 日本MH協会 常務理事

岡本 享二 日本アイ・ビー・エム株式会社 本社・環境 副部長

最上 康司 社団法人 電線総合技術センター 業務部 技師

猪子 正邦 日本鋼管株式会社 技術開発本部 技術企画部 主幹

上木 将雄 社団法人 日本事務機械工業会 (キャノン株) 環境技術センター 環境企画部 主幹

藤本 淳 日本電気株式会社 環境技術研究所 研究マネージャー

国井 茂樹 株式会社 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ー センタ長

渡辺 富夫 富士ゼロックス株式会社 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 松下電器産業株式会社 生産技術本部 環境生産技術センター 参事

上野 潔 三菱電機株式会社 リビング・デジタルメディア事業本部 渉外部 技術担当部長

片桐 知己 三菱マテリアル株式会社 地球環境・エネルギーカンパニー 環境リサイクル事業センター 副所長

早川 勇一 株式会社 明電舎 環境事業本部 環境システム事業部 技術部 技術第二課 主管技師

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

インバース・マニファクチャリングフォーラム ライフサイクル設計委員会

(順不同)

委員長

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

委員

坂本 宏 秋田県立大学 システム科学技術学部 経営システム工学科 教授

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

鈴木 宏正 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 助教授

富山 哲男 東京大学 人工物工学研究センター 知能科学研究部門 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

田中 信寿 北海道大学大学院 工学研究科 環境資源工学専攻 廃棄物資源工学講座 教授

服部 光郎 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 副部門長

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

鈴木 孝和 独立行政法人 産業技術総合研究所 成果普及部門 総括主幹

永井 英幹 独立行政法人 産業技術総合研究所 スマートストラクチャー研究センター 統合化製造技術研究チーム 研究員

赤井 富一 オムロン株式会社 ソーシャルシステムズ・ビジネス・カンパニー 品質環境統括部 リサイクル推進部

上野 潔 財団法人 家電製品協会 (三菱電機株) リビング・デジタルメディア事業本部 渉外部 技術担当部長)

伊藤光一郎 株式会社 小松製作所 開発本部 研究企画G 上級主任技師

酒井 康一 ソニー株式会社 社会環境部 担当部長

長谷川 宏 社団法人 電線総合技術センター 主管研究員

小林 英樹 株式会社 東芝 研究開発センター 環境技術・分析センター 研究主務

三枝 信雄 日産自動車株式会社 先行技術開発本部 第1先行技術開発部 主管

岡本 享二 日本アイ・ビー・エム株式会社 本社・環境 副部長

三津石源一 日本MH協会 常務理事

緒方 順一 日本鋼管株式会社(日本鋼管テクノサービス株) 技術情報事業部 調査研究部 環境技術担当部長)

吉田 啓一 社団法人 日本事務機械工業会 (松下電器産業株) 環境本部 渉外T 副参事)

藤本 淳 日本電気株式会社 環境技術研究所 研究マネージャー

石田 智利 株式会社 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

深野 彰 富士写真フイルム株式会社 光機部 技術グループ 技術部長

太田 春夫 富士電機株式会社 流通機器システムカンパニー 三重工場 開発第三部 製品設計2Gr マネージャー

高橋 徹也 三菱電機株式会社 生産システム本部 環境保護推進部 専任

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

インバース・マニュファクチャリングフォーラム 新環境評価委員会

(順不同)

委員長

永田 勝也 早稲田大学 理工学部 機械工学科 教授

委員

坂本 宏 秋田県立大学 システム科学技術学部 経営システム工学科 教授
 花崎 紘一 京都大学大学院 工学研究科 資源工学専攻 計測評価工学分野 教授
 剣持 潔 信州大学 繊維学部 機能機械学科 教授
 池田 三郎 筑波大学 社会工学系 教授
 中西 友子 東京大学大学院 農学生命科学研究科 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
 大和田秀二 早稲田大学 理工学部 環境資源工学科 教授
 大矢 仁史 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 エコマテリアルグループ
 野村 昇 独立行政法人 産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター エネルギー評価
 チーム 主任研究員
 手塚 厚 石川島播磨重工業株式会社 技術開発本部 生産技術開発センタ 生産システム開発部 生産自動
 化グループ 課長
 金子 一彦 株式会社 荏原製作所 エンジニアリング事業本部 環境・エネルギー開発センター 新規事業開
 発室 主任
 吉野 忠光 株式会社 小松製作所 生産本部 業務部 環境グループ 上級主任技師
 草道 龍彦 株式会社 神戸製鋼所 技術開発本部 生産技術研究所 精錬凝固研究室 主任研究員
 大槻 勝博 シャープ株式会社 環境安全本部 環境事業企画部 係長
 柳田 秀隆 ソニー株式会社 社会環境部 エコプロマネージャー
 最上 康司 社団法人 電線総合技術センター 業務部 技師
 長島 良治 株式会社 デンソー 生産技術部 主任部員
 親里 直彦 株式会社 東芝 研究開発センター 環境技術・分析センター 研究主務
 杉本 正俊 豊田合成株式会社 材料技術部 課長
 大沢 秀敏 トヨタ自動車株式会社 第5開発センター 第1材料技術部 品質監査室 主担当員
 二木 慎二 日本アイ・ビー・エム株式会社 APTO 環境管理 副部長
 有田 卓司 社団法人 日本産業機械工業会 (株東京洗染機械製作所 山梨工場 副工場長)
 宮本 重幸 日本電気株式会社 環境技術研究所 主任研究員
 大橋敏二郎 株式会社 日立製作所 生産技術研究所 主管研究員
 木村 幸雄 富士電機株式会社 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
 荻原 正樹 三鷹市 生活環境部 ごみ対策課 主任

オブザーバ

愛澤 政仁 ミクニヤ環境システム研究所株式会社 代表取締役 所長
 浅岡 健 ミクニヤ環境システム研究所株式会社
 宇佐見千華子 ミクニヤ環境システム研究所株式会社

奥谷 智也 早稲田大学
 日比野 壮 早稲田大学

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

インバース・マニュファクチャリングフォーラム 新環境評価委員会
新環境評価WG

(順不同)

リーダー

永田 勝也 早稲田大学 理工学部 機械工学科 教授

委員

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

大矢 仁史 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 エコマテリアルグループ

手塚 厚 石川島播磨重工業株式会社 技術開発本部 生産技術開発センタ 生産システム開発部 生産自動化グループ 課長

草道 龍彦 株式会社 神戸製鋼所 技術開発本部 生産技術研究所 精錬凝固研究室 主任研究員

柳田 秀隆 ソニー株式会社 社会環境部 エコプロマネージャー

最上 康司 社団法人 電線総合技術センター 業務部 技師

宮本 重幸 日本電気株式会社 環境技術研究所 主任研究員

大橋敏二郎 株式会社 日立製作所 生産技術研究所 主管研究員

木村 幸雄 富士電機株式会社 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

オブザーバ

愛澤 政仁 ミクニヤ環境システム研究所株式会社 代表取締役 所長

浅岡 健 ミクニヤ環境システム研究所株式会社

宇佐見千華子 ミクニヤ環境システム研究所株式会社

奥谷 智也 早稲田大学

日比野 壮 早稲田大学

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

事務局 財団法人 製造科学技術センター 生産環境室

3. 2 委員会及びワーキンググループ開催状況（回数は平成13年度として表示）

（1）総会

平成13年 6月20日

（2）企画委員会

a. インバース型人工物システムタスクフォース

第1回 平成13年 8月30日

第2回 平成13年 9月25日

第3回 平成13年12月 7日

第4回 平成14年 1月11日

第5回 平成14年 2月 5日

第6回 平成14年 3月 1日

（3）ビジョン構築委員会

第1回 平成13年10月10日

第2回 平成13年11月28日

第3回 平成14年 1月 9日

第4回 平成14年 3月 6日

（4）ライフサイクル設計委員会

第1回 平成13年 7月 2日

第2回 平成13年 8月30日

第3回 平成13年12月 6日

（5）新環境評価委員会

第1回 平成13年 7月19日

第2回 平成13年10月16日

第3回 平成13年12月12日

第4回 平成14年 2月28日

a. 新環境評価WG

第1回 平成13年 9月 5日

第2回 平成13年11月14日

第3回 平成14年 2月19日

4. 普及・啓発活動

インバース・マニユファクチャリングの普及啓発活動として以下の活動を実施した。

4. 1 講演会の開催

(1) インバース・マニユファクチャリングフォーラム講演会

日時：平成13年6月20日（水）14:40～17:00

場所：真福寺ビル地下1階 講堂

内容：講演「循環型経済に向けて」：

経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課 田辺靖雄 課長
研究発表「工業製品の物流循環システム」：東洋エンジニアリング 柴田晋
研究発表「ライフサイクル設計」：東京都立大学工学部 梅田靖 助教授
研究発表「新環境評価の応用」：ミクニヤ環境開発研究所 浅岡健

聴講者：110名

4. 2 外部発表

(1) エコデザイン

平成13年12月11日～15日 東京ビッグサイト国際会議場で開催された
EcoDesign 2001（エコデザインおよびインバース・マニユファクチャリングに関する国際シンポジウム）において、当フォーラムで調査研究してきた成果のうち以下の発表を行った。

- ・ Toward a life Cycle Design Guideline for Inverse Manufacturing
by Y. Umeda
- ・ Study of Inverse Supply Chain (1) Survey of actual inverse supply chain
in Japan
by S. Endoh, S. Hashino, Y. Itoi, Y. Wada and M. Inoko
- ・ Study of Inverse Supply Chain (2) Classification of Inverse Supply Chain and
Characterization of Products
by S. Shibata, H. Terui, S. Endoh, S. Hoshino, H. Fujiwara, K. haruki and M. Inoko
- ・ Study of Inverse Supply Chain (3) Study of Promotion Issue on inverse
supply chain
by S. Shibata, H. Terui, S. Endoh, S. Hoshino, H. Fujiwara, K. haruki and M. Inoko
- ・ Consumer Interactive toward Contruction of Supply Chain for Inverse
Manufacturing
by K. Masui, J. Fujimoto, T. Ito, E. Sato, Y. Hayakawa, M. Matunaga, M. Mikoda and T. Yuda
- ・ The Development of the Environmental Efficiency Potential Assessment Method
by K. Nagata, M. Aizawa, K. Asaoka, C. Usami

4. 3 展示会への出展

- (1) 機械産業記念館 (TEPIA) TEPIA 第 14 回展示：
循環型社会を目指す新技術展 (平成 13 年 9 月～平成 14 年 3 月)
「インバース・マニュファクチャリング」
- (2) 日本科学未来館：常設展示 (平成 13 年 7 月 10 日～)
「インバース・マニュファクチャリング製品の開発」

4. 4 その他

- (1) ニュースレターの発行
第 10 号 (平成 13 年 7 月 19 日発行)
第 11 号 (平成 13 年 12 月 18 日発行)
- (2) ホームページでの情報発信

フォーラム各委員会の活動

I. 企画委員会

インバース型人工物システムタスクフォース

1. はじめに

本フォーラムでは、これまでライフサイクル設計、回収システム、新環境評価基準などの様々な視点から、「インバース・マニファクチャリング (IM)」のコンセプトを構築し、ブラッシュアップさせてきた。これらは、IM コンセプトの高度化や詳細化、および IM の実現のために必要な基盤技術を明らかにすることに貢献した。しかし、コンセプトの高度化・詳細化に注力するあまり、簡単かつ明解に「IM とは何か、リサイクルとはどこが違うのか」を表現し普及させる取り組みが、おろそかになっていた点は否めない。

IM とは、何か？この問いに対して、依然として「レンズ付きフィルムや複写機の“ような”取り組み」としかしか答えられないのが現状であろう。しかも、これらのビジネスは、IM のコンセプト主導で、生まれたものではなく、すでにビジネスとして実現していたものを、IM コンセプトで説明したに過ぎない。一方、IM コンセプトを基礎とした、新しいビジネスや製品創出の試みとして、2年前の NEDO プロジェクトがある。そこでは、リユースやアップグレードを無理なく進めるための新しい製品やビジネスの提案と (Service-Oriented Products or Businesses)、家庭用情報端末機器を対象にコンセプトモデルの作製が行われた。この取り組みは、IM の目指す方向を、具体的な製品の形で初めて提示した点で、大きな意味をもつと言えるが、社会や企業を動かす力には、残念ながら、なりえていない。社会生活、企業活動、製品・サービス等のあらゆる面で、IM コンセプトが実現した際の具体的なイメージを、数多く提示していく必要があるだろう。

本タスクフォース (TF) では、IM コンセプトの特徴のひとつである“迅速循環”を取り上げ、その社会普及のシナリオを作成した。そしてそのシナリオが実現した際に期待される社会全体の“環境”および“経済”面でのメリットを、定量的に明らかにした。

1. 1 IM の有効性をアピールするためのシナリオ作成 (迅速循環シナリオ)

IM とは何か？

IM コンセプトについて、製品、事業、および社会の各階層での表現が可能である。“製品”を中心に考えると、部品リユースによる資源循環や、機能アップグレード等による製品の長寿命化を実現するための**製品設計 (モジュール構造など)**が、IM の特徴を最も適切に表現する。製品の販売や、ユーザ・サービスまで含めた事業の領域では、**ライフサイクル・オプション** (廃棄、リサイクル、リユース、アップグレード、メンテナンス) の選択や、**ライフサイクル管理** (製品の使用状況の把握など) が、新たなキーワードとして加わる。さらに大きな視点から IM を考えると、ライフサイクル管理やライフサイクル・オプションを無理なく実現でき、かつユーザーと企業の両者にメリットをもたらす経済活動への移行が、IM のキーワードとなる。**新しいビジネスモデル** (“サービス指向型ビジネス”など) の構築は、このカテゴリーに含まれる。

本タスクフォースでは、IM コンセプトの実現により期待される、社会全体の効果にターゲットを絞り、シナリオを作成した。

“IM” とリサイクルでは、どこが異なるのか？

IM は、“要求されるサービスを満足させる”ために費やされる資源やエネルギーを、最小にすることを目的とする。このため、製品のもつ様々な特徴 (価格、進化度、使用形態、機能寿

命、物理寿命など)に基づいて、“何を”どれくらいの“時間”で循環させるかを決めて、実行する。ここで“何を”とは、製品そのもの、製品を構成するユニット、ユニットを構成する個々の部品、部品を構成する素材、素材が潜在的にもつエネルギー等であり、ユニットや部品を循環させるのが“リユース”であり、素材やエネルギーの循環が“リサイクル”にあたる。そしてそれらを循環させるまでの“時間”を制御するのが、ビジネス形態(リース・レンタル、売切り)やメンテナンス方法(アップグレード、機能維持)の選択となる。IMとリサイクルとの差異は、循環するものの**対象の広さ**であり、**時間制御の概念の有無**である。リサイクルで考慮される時間は、“長寿命”という一方向のものであり、IMのような、製品によって、比較的短期間で循環をはかる“迅速循環”のような概念は、リサイクルにはない。本TFでは、IMとリサイクルの差異を明確にするため、“迅速循環”に焦点を当て、シナリオを作成した。

地球温暖化と廃棄物問題

地球温暖化問題の解決には、大気中の温室効果ガス濃度の増加を抑えることが必要である{1}。そのための国際社会の枠組みとして、気候変動に関する国際連合枠組条約が採択され、この条約に基づき、京都議定書で各国の温室効果ガス削減目標が定められた。例えば、京都議定書で定められた日本の削減目標は、2008年から2012年までの5年間の温室効果ガスの平均排出量を、1990年と比べて6%削減するというものである。京都議定書は2002年9月に発効の見込みであり、日本など先進国は目標達成の義務を負うことになる。しかしながら、日本の1999年度の排出量(13億1300万t-CO₂)は、1990年(11億5500万t-CO₂)と比べて既に6.8%増加しており、削減目標の達成は難しい状況である。温室効果ガスの大半を占めるのがエネルギー起源のCO₂である。エネルギー起源のCO₂排出量については、第一約束期間において、1990年度と同水準に抑制することを目標としている。

エネルギー起源のCO₂排出と絡め注目されているのが、電気・電子機器の使用に伴う消費電力である。この内、家電製品の使用による電力消費で排出される二酸化炭素排出量は、約8000万トン-CO₂と、国内総排出量の約6%を占めている。製品で言えば、エアコン、冷蔵庫の寄与が大きく、これらで排出量のほぼ半分を占めている。最近、関心が高まっているのが、普及が著しいIT機器(通信機器・システム、民生系通信関連機器)の電力消費である。国内でも、ITの環境影響に関する研究が進められている。財団法人国際超伝導産業技術研究センターでは、現状と2010年におけるIT機器の消費電力を見積もっている[2]。現状の消費電力は、約42TWh(1400万トン-CO₂)で、2010年では、327TWh(1億1000万トン-CO₂)に増加する推測している。この2010年の数字は、わが国の二酸化炭素排出量の約10%にも相当する。

わが国の廃棄物量は、一般廃棄物が約5000万トン、産業廃棄物が約4億トン前後で推移している。IT関連製品(プリンタ、パソコン、ワークステーション、ミッドレンジ・汎用コンピュータ)の国内総廃棄量は、約13万トンであり(一般廃棄物の約0.3%、産業廃棄物の約0.03%)、この内パソコンが50%以上の割合を占める[3]。この廃棄量は、家電リサイクル法対象4品目の排出量約65万トンの1/5に留まる。家電4品目でも、わが国の一般廃棄物量の1%前後であり、エレクトロニクス産業の環境に与える影響を量的側面だけから考えると、二酸化炭素排出における10%に比べ、その影響は小さい。

しかし、廃棄物の問題を質的側面でとらえると、少し状況は異なる。IT製品は希少金属を含

んだ多数の素材の組合せで構成されているため、貴金属の回収や化学物質による有害性リスク回避などが重要な課題となるからだ。

IM コンセプトの実現により、どのような環境問題が解決できるのか？すぐ頭に浮かぶのが、**製品廃棄物量の削減**である。廃棄場不足が深刻化する状況下で、IMに寄せられる期待は大きいと言える。その他に、**資源枯渇の抑制**や**化学物質拡散防止**も期待される。では、現在解決が急務となっている地球温暖化の問題に対して、どのような貢献が考えられるのか？

リユースやリサイクルによる循環は、バージン資源からの新たな素材や部品の製造を減らし、リサイクル等で消費されるエネルギーを加味しても、新規製造時のエネルギー消費を減らす可能性がある。特に、IMによって、ユニットや部品のリユースが実現すれば、その削減効果はより大きなものになる。(図 1.1.1)。では、製品を使用する段階で消費されるエネルギーについては、どうであろうか？

技術進歩により、省エネが著しく進む製品については、製品を長く使い続けるよりも、省エネが進んだ製品を導入したほうが、使用段階での消費エネルギーが、削減できるであろう。ただし、製品の製造量は、長く使い続けるよりも相対的に増えるので、製造段階のエネルギー消費や、資源消費の増加は避けられない。では、IMの大きな特徴である、“迅速循環”の概念を使えば、これらのデメリットを軽減でき、製品使用段階のエネルギー消費を大幅に削減することはできないか？これが本TFでの、IMコンセプトをわかりやすい形で提示するシナリオの着眼点であった(図 1.1.2)。

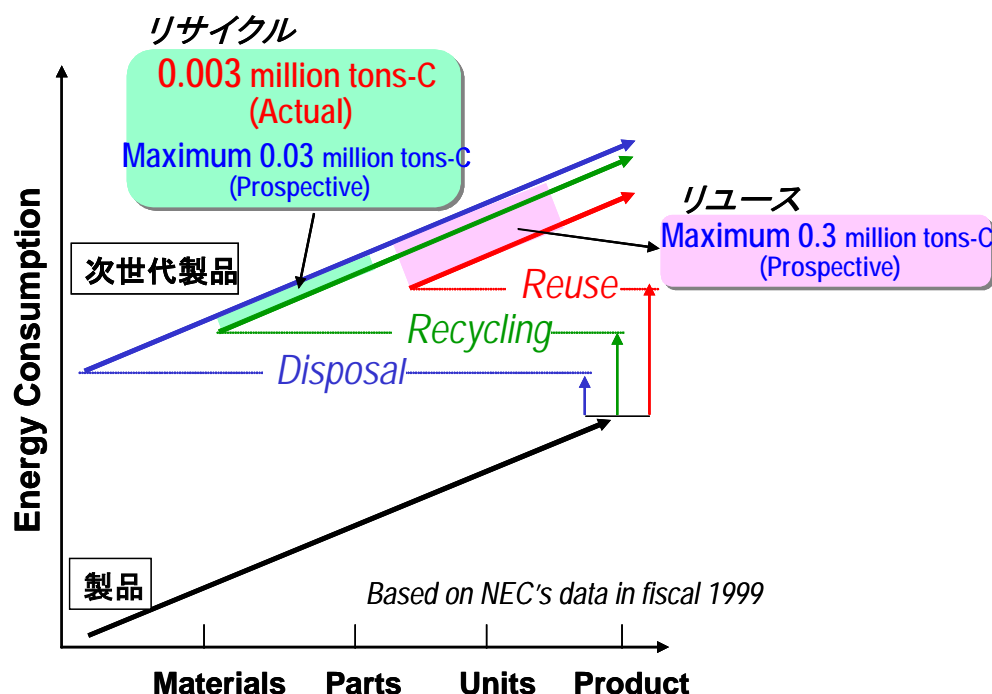


図 1.1.1 リサイクル・リユースに製造エネルギーの削減

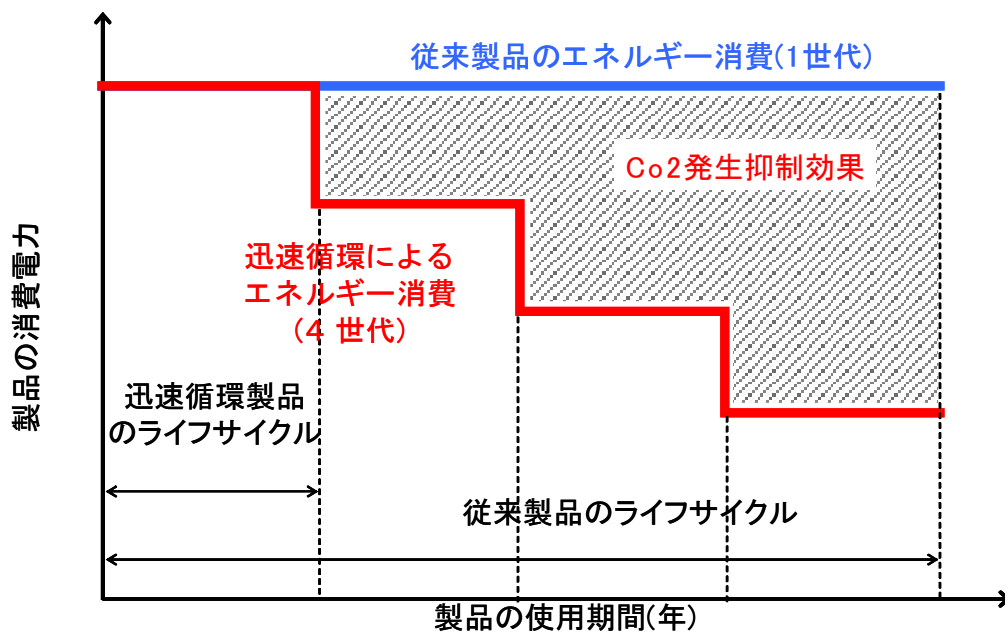


図 1.1.2 迅速循環による使用段階の電力消費のイメージ

IMの有効性をアピールするための“迅速循環シナリオ”

本TFで作成したシナリオは、「IMコンセプトが仮に実現していたとしたら、市民生活、経済活動、環境負荷は、現状とどのように異なっていたか？」を表現するものである。環境負荷としては、廃棄物問題ではなく、地球温暖化の防止に焦点をあてた。シナリオの詳細を以下に示す。

- 1) 省エネが進む製品を短期間で置き換えることで、二酸化炭素排出量を削減できるのか否か？その影響は、わが国の総排出量に比べ大きいのか小さいのか？廃棄物に対するデメリットはどの程度で、“迅速循環”の概念を使えば、そのデメリットをどの程度改善できるのか？
- 2) 製品の迅速循環により、経済活動はどのように変化するのか？

試算は、1991年から2000年までの、製品特性データを利用し（エアコン、冷蔵庫、テレビ、乗用車）、以下の条件のもとで行った。

- a) 10年間使用し続けた場合と、5年で最新機種に入れ替える場合（迅速循環）を比較する。
- b) 製造・使用・廃棄の各段階での二酸化炭素排出量の総和で、迅速循環の効果を算出する。

そして、最終的には、以下のような成果を創出し、アピールすることを考えた。

「現在がIM社会であったなら、市民は購入費用の大幅な増加なしに、最新の省エネ機器を使うことができ、これによりわが国の二酸化炭素排出量は、〇〇万トン-CO2削減できていた。これに伴う製品廃棄物量の増加は、わずか〇〇%にとどまる。経済活動も大きく異なり、海外

生産割合は、国内での機能モジュールの循環の増加により、現状よりも低下し、ネットワークを利用した保守サービスなど新しいビジネスの創出により、雇用は〇〇人増加していた。」

1. 2 タスクフォースの活動概要

昨年8月から、本年4月までの間に6回の委員会を開催して、作業を行った。最初の2回で、評価のシナリオを固め、評価に必要なデータの洗い出しを行った。その後、外部の調査会社にデータの取得を依頼し、集まったデータをもとに、IM迅速循環の環境負荷削減効果を算出した。表1.2.1は、調査会社への依頼項目である。本報告書は、これらの活動成果をまとめたものである。

表 1.2.1 迅速循環による使用段階の電力消費のイメージ

調査対象製品： PC、冷蔵庫、エアコン、TV、乗用車
期間：1985年－2000年
調査項目：
(1) 製品特性
・ 製品トータルの市場流通量（存在量：2000年度現在）
・ 代表型式と市場流通量（例えば、2000年はこのような型式が何台）
・ 型式毎の消費電力、製品重量
・ 構成部品と重量
・ 消費電力の推移（大きな技術革新を合せて提示）
・ 買い替え年数
・ 毎年の出荷台数（国内）
・ 普及率と推移
(2) 環境関連データ
・ 製造・使用・リサイクル段階のLCAデータ
・ ライフサイクルフロー
・ 毎年の廃棄量、最終埋立て量
・ リサイクル率
(3) 社会影響
IMの迅速循環型製品が実現していたら（サービス指向ビジネス）
・ 市民生活は
・ 経済活動は
・ 市場規模、雇用、生産活動、経済成長、ユーザコスト、企業利益

東芝の小林さんには、取得した数多くのデータ（各種製品の特性データや環境負荷データ）をわかり易い形式に整理し、データの算出根拠とともに2章にまとめていただいた。都立大の

梅田先生には、迅速循環の環境影響評価方法とその結果をまとめていただいた（3章）。日立の石田さんには、「省エネの進展度と製品の使用時のエネルギー消費の大きさにより、最適な更新年数が存在する」というアイデアをいただき、設計ガイドとしてまとめていただいた（4章）。最適な更新年数の計算では、梅田先生にも協力いただいた。ソニーの山際さんには、海外生産へのシフトや、雇用確保等の経済問題をあわせて議論する重要性を指摘いただいた。外部調査結果のまとめと合わせて、5章で議論していただいた。産総研の増井さんには、リース・レンタル製品に関するユーザーニーズの外部調査結果をもとに、迅速循環ビジネスの可能性について検討していただいた（6章）。

また、東芝の春木さんには、シナリオ作成にご協力いただいた。

参考文献

- [1] 気象庁：“気候変動に関する政府間パネル（IPCC） 第三次評価報告書 第一作業部会報告 政策決定者向けの要約（気象庁訳）”，
- [2] 超電導応用の省エネ効果に関する調査報告書、平成13年5月、（財）国際超伝導産業技術研究センター
- [3] 使用済みコンピュータの回収・リユース・リサイクルの状況に関する調査報告書（01-計-2）、J E I T A、2001

2. 基礎データ

ここでは、3章および4章で議論するために収集した基礎データについて解説する。本データはエアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車の4品目に関するもので、それぞれ市場特性、製品特性、環境特性を表すデータで構成されている。収集期間については、1985年から2000年のデータを収集した。

2. 1 市場特性データと製品特性データ

2. 1. 1 エアコン

表2.1.1に市場特性データを示す。冷房専用と冷暖房用に分けて市場流通量、国内出荷台数、普及率等を集計した。市場流通量は、経済企画庁の消費動向調査にある100世帯当たりの保有台数に世帯数を乗じて算出した。代表形式として、冷暖房用であって冷房能力が2.5kW（7～10畳）のものを選んだ。

表2.1.2に製品特性データを示す。期間消費電力量および製品重量は、株式会社東芝キャリアから提供されたデータより、2.5kWの製品クラスを選択して集計した。なお、期間消費電力量については、JIS規格（JIS C 9612）に基づく実績値を記載している。

2. 1. 2 冷蔵庫

収集データは、基本的にエアコンと同様である。表2.1.3に市場特性データを示す。容量別に市場流通量、国内出荷台数、普及率等を集計した。

表2.1.4に製品特性データを示す。製品特性データについては、近年、冷蔵庫の大型化が進んでいることから、400リットルクラスに絞って年間消費電力量と製品重量を収集した。年間消費電力量については、400リットルクラスについて、松下電器産業株式会社より提供された、JIS規格（JIS C 9801）に基づく実測データを記載してある。

製品重量については、400リットルクラスのデータに関し、三菱電機株式会社より提供していただいたカタログデータより記載した。技術革新トピックスについては、松下電器産業株式会社のデータと業界全体としてのデータを記載した。

注：JIS規格（JIS C 9801）の測定基準

周囲温度25度での1日当たりの消費電力量 W^{25} を求める。

- 庫内温度 冷凍室 18℃以下／冷蔵室 5℃以下
- 扉開閉回数 冷凍室 8回／冷蔵室 25回（共に一日平均）
- 周囲温度 25℃
- 周囲湿度 70（±5%）

年間消費電力量（kWh/年）＝ $W^{25} \times 365$ 日/年

2. 1. 3 テレビ

表2.1.5に市場特性に関するデータを示す。市場流通量は、経済企画庁の消費動向調査にある100世帯当たりの保有台数に世帯数を乗じて算出した。

表 2.1.6 に製品特性に関するデータを示す。三菱電機株式会社より提供された 25 型カラーテレビの定格消費電力、定格待機電力、製品重量を記載した。なお、テレビの年間消費電力量は、下記のように使用時と待機時の消費電力に基づいて算出することができる。

- 年間消費電力量(kWh/年) = {(動作時消費電力×4.5 時間/日×365 日) + (待機時消費電力×19.5 時間/日×365 日)}/1000

例) 定格消費電力 175W、待機時消費電力 3W の場合、

$$226\text{kWh/年} = \{(131\text{W} \times 4.5 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日}) + (1.5\text{W} \times 19.5 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日})\} / 1000$$

(注) 使用時は経験上から定格の 75% : $175\text{W} \times 0.75 = 131\text{W}$

待機時は経験上から定格の 50% : $3\text{W} \times 0.50 = 1.5\text{W}$

2. 1. 4 自動車

ここでは自動車の中から、乗用車を対象とした。表 2.1.7 に、市場特性に関するデータを示す。市場流通量は、自動車保有台数（登録台数及び届出台数）とした。軽自動車（現在、長さ 3.4m 以下、幅 1.48m 以下、高さ 2.0m 以下でエンジンの総排気量が 660cc 以下のもの。ただし 1985 年以降よりエンジン排気量、大きさも一部変更になっている。）、小型車（長さ 4.7m 以下、幅 1.7m 以下、高さ 2.0m 以下で、エンジンの総排気量が 660cc を超え 2,000cc 以下のもの）、普通車（小型乗用車より大きいもの）に分けて整理した。

表 2.1.8 に、製品特性に関するデータを示す。代表的な乗用車として、カローラ（1500cc、4 ドアセダン、2 輪駆動、オートマチック車）を選び、（社）自動車技術会発行、運輸省地域交通局監修「自動車諸元表」から燃料消費率、車両重量のデータを収集した。この際、同一車種であっても、形式が数台にわたって記載されている場合は、その平均値を記載した。なお、燃料消費率の表示方法に関しては、平成 3（1991）年 11 月 1 日以降、従来の 10 モードから 10.15 モードに変更されているが、両方記載されている場合には両方を記載した。両者の関係については、（社）日本自動車工業会によれば、高速走行が多い 10.15 モードの数値が、10 モードの数値より、概ね 10% ほど高いとされる。

表2-1-1: エアコンの市場特性データ

項目	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項
100世帯当たりの保有台数	583	606	617	616	671	669	681	674	693	673	661	644	633	617	601	550	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
世帯数 ¹⁾	238	274	329	364	436	460	575	638	782	843	1013	1160	1300	1406	1526	1707	経済企画庁	日本の世帯数の増減	一般世帯
市場流通量 = 保有台数 × 世帯数	820	880	947	980	1107	1140	1265	1312	1475	1516	1603	1661	1793	1917	2007	2076	国立社会政策・人口問題研究所	消費動向調査	(試算)
買い換え年数 ²⁾	379,800	-	-	-	-	406,700	-	-	-	-	433,999	444,163	449,509	454,661	459,518	464,074	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
国内出荷台数推移 ³⁾	22,142	22,142	-	-	-	27,656	-	-	-	-	29,016	28,604	28,454	28,053	27,617	25,524	(社)日本冷凍空調工業会	エアコンの国内出荷実績(年度)	
普及率推移	9,039	9,039	-	-	-	18,708	-	-	-	-	41,354	45,219	52,143	58,106	64,608	70,818	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
中古市場(台数、規模)	31,182	-	-	-	-	46,364	-	-	-	-	70,372	73,820	80,397	87,158	92,225	96,342	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
国内出荷台数推移	1,414	1,625	1,807	1,659	1,662	1,687	1,768	1,252	804	1,075	937	705	374	341	270	238	(社)日本冷凍空調工業会	エアコンの国内出荷実績(年度)	
普及率推移	2,260	2,628	2,411	2,894	3,405	4,894	5,596	4,428	6,241	7,051	7,543	5,808	6,384	6,168	6,955	6,182	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
普及率推移	3,675	4,252	4,219	4,553	5,067	6,590	7,384	5,681	5,082	7,316	7,988	8,248	6,272	6,725	6,438	7,192	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
普及率推移	41.9	43.8	44.2	44.7	46.6	45.7	46.3	44.7	44.4	44.4	43.7	41.3	40.1	39.7	38.1	35.3	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
普及率推移	17.0	20.0	22.3	25.4	29.4	31.7	38.0	40.0	47.2	48.5	53.4	56.7	60.2	64.9	67.0	71.7	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
普及率推移	52.3	54.6	57.0	59.3	63.3	63.7	68.1	69.8	72.3	74.2	77.2	77.2	78.3	81.9	84.4	86.2	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時

※1 世帯数は「一般世帯」を示す。85年、90年、95年のデータは総務庁「国勢調査」の「世帯数」の推計値を示す。

※2 買い換え年数は、92年より調査開始。

※3 国内出荷台数は、年度データ(当年4月～翌年3月)を示す。

表2-1-2: エアコンの製品特性データ

項目	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項
年間消費電力量	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
製品重量(室内機)	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	2.9kg	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
製品重量(室外機)	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	2.9kW	経済企画庁	消費動向調査	毎年9月時
東芝の場合																	東芝	東芝の製品特性	
業界全体																	業界	業界の製品特性	

技術革新トピックス

表2-1-3:冷蔵庫の市場特性データ

項目	製品クラス	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	メーカー	子会社	特記事項
100世帯当たりの保有台数	300L以上	台/100世帯	-	-	-	-	-	-	-	-	58.2	61.8	65.2	67.1	70.2	72.7	74.2	76.0	松下電器	経済企画庁	毎年3月時
	300L未満	台/100世帯	-	-	-	-	-	-	-	-	59.0	57.2	54.4	54.8	52.3	48.1	46.3	45.6	経済企画庁	消費動向調査	毎年3月時
世帯数 ^{※1}	合計	台/100世帯	117.8	114.3	115.8	117.2	119.4	116.2	119.4	117.2	119.0	119.6	121.0	119.4	120.5	120.7	120.7	121.6	経済企画庁	日本の世帯数の増減を補正	一般世帯
	300L以上	100世帯	379,800	-	-	-	-	406,700	-	-	-	-	-	438,699	444,163	449,509	454,661	459,519	464,074	国立社会政策・人口問題研究所	
市場流通量=保有台数×世帯数	300L以上	千台	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,062	29,803	31,555	33,054	34,096	35,270	松下電器	神前リサーチ	(試算)
	300L未満	千台	44,740	-	-	-	-	47,259	-	-	-	-	53,119	53,033	54,166	54,923	55,372	56,431	経済企画庁	消費動向調査	毎年3月時
中古市場(台数、価格)	合計	年	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	10.4	10.5	11.6	11.6	10.9	10.6	11.0	経済企画庁	消費動向調査	
	140L以下	千台	1,037	1,090	1,239	1,377	1,441	1,596	1,655	1,464	1,353	1,434	1,449	1,550	1,687	1,561	1,383	1,432	松下電器	消費動向調査	
国内出荷台数推移	141から400L	千台	1,634	1,404	1,282	1,183	1,047	1,018	962	828	727	2,117	2,146	2,215	2,222	2,156	2,012	1,962	(社)日本電	消費動向調査	
	400L以上	千台	1,029	1,229	1,463	1,597	1,841	2,018	2,012	1,939	2,048	1,061	1,008	1,270	1,337	1,224	1,376	1,461	1,461	松下電器	消費動向調査
普及率推移 ^{※3}	合計	千台	3,700	3,723	4,014	4,137	4,329	4,631	4,028	4,231	4,128	4,013	4,693	5,035	5,246	4,942	4,771	4,885	経済企画庁	消費動向調査	毎年3月時
	300L以上	%	-	-	-	-	-	-	-	-	54.7	58.4	60.8	61.5	62.6	65.5	67.3	68.6	70.2		
300L未満	%	-	-	-	-	-	-	-	-	52.7	50.7	48.5	48.1	46.7	44.9	42.6	41.8	40.3			
冷蔵庫平均	%	98.4	98.4	97.9	98.3	98.6	98.2	98.9	98.1	98.0	97.9	97.8	98.4	98.4	98.7	98.1	98.4	98.0			

※1:世帯数は「一般世帯」を示す。85年、90年、94年のデータは総務庁「国勢調査」の集積値を、96年～00年のデータは総務庁「国勢調査」の集積値を示す。

※2:新しい替り年数は、92年より調査開始。

※3:普及率推移は、92年より「300L以上」と「300L未満」に分けて調査開始。

表2-1-4:冷蔵庫の製品特性データ

項目	製品クラス	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	メーカー	子会社	特記事項
年間消費電力	400Lクラス	kWh/年	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	松下電器	松下電器	
	400L未満(型式別)	kWh/年	-	81	85	84	84	80	79	80	80	80	83	83	83	86.5	86.5	80	80	松下電器	松下電器
技術革新トピックス	製品クラス	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	松下電器	松下電器	
	製品重量	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	松下電器	松下電器	
業界全体	製品クラス	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	松下電器	松下電器	
	製品重量	kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	松下電器	松下電器	

注:製品重量は、92年より調査開始。

表2-1-5: テレビの市場特性データ

項目	製品クラス	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項
100世帯当たりの保有台数	29型以上	台/100世帯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.5	47.8	53.9	57.4	60.4	62.6	消費動向調査	毎年3月時
	29型未満	台/100世帯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	167.3	167.4	166.0	167.4	163.7	163.7		
	合計	台/100世帯	176.6	174.7	180.2	187.7	196.9	196.4	201.3	203.6	208.8	213.5	215.1	217.7	219.8	224.6	224.0	226.2	226.2	消費動向調査	毎年3月時
世帯数 ^{※1}	29型以上	100世帯	379,800	-	-	-	-	406,700	-	-	-	-	-	438,999	444,163	449,509	454,661	459,518	464,074	日本の世帯数の増減推計	一般世帯 (試算)
	29型未満	千台	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,974	21,231	24,229	26,098	27,755	29,051		
市場流通量=保有台数×世帯数	29型未満	千台	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73,445	74,353	74,618	76,110	75,223	75,969	国立経済研究所・ 人口問題研究所 神戶リサーチ センター	(試算)
	合計	千台	67,073	-	-	-	-	79,976	-	-	-	-	-	93,419	95,584	98,347	102,208	105,020	105,020		
買い換え年数 ^{※2}		年	-	-	-	-	-	-	-	9.0	9.2	9.1	9.3	9.6	9.2	8.8	9.9	9.6	9.6	消費動向調査	毎年3月時
中古市場(台数、規模)																					
	~15型	千台	4,106	4,035	3,468	2,782	2,506	2,419	2,596	2,470	2,511	2,533	3,049	3,132	3,003	2,675	2,695	2,934	2,934		
国内出荷台数推移 ^{※3}	16~21型	千台	2,922	3,142	3,362	3,363	2,953	2,577	2,679	2,515	2,457	2,509	2,837	2,858	2,783	2,888	2,888	2,928	2,928	(社)電子信 機技術産業 協会	民生用電子機器国内出荷総計
	22~25型	千台	1,89	429	781	1,153	1,369	1,397	1,382	1,569	1,650	1,641	1,678	1,678	1,697	1,601	1,636	1,668	3,198		
	26~28型	千台	364	664	1,368	2,075	2,410	2,346	2,024	1,469	1,292	1,347	1,583	1,805	1,837	1,766	1,668	1,668	3,198		
	30型~	千台	-	-	90	132	246	308	333	249	233	322	437	637	787	800	709	813	813		
	カラーテレビ計	千台	7,581	8,270	9,070	9,505	9,484	9,048	9,014	8,302	8,143	8,332	9,585	10,110	10,181	9,655	9,597	9,873	9,873		
普及率推移 ^{※4}	ハイビジョン	千台	-	-	-	-	-	-	-	9	11	22	80	181	213	204	88	164	164		
	29インチ以上	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.9	39.2	43.1	45.7	48.0	49.0	49.0		
普及率推移 ^{※4}	29インチ未満	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.9	60.8	56.9	54.3	52.0	51.0	51.0		
	TV計	%	99.1	98.9	98.7	98.0	99.3	99.4	99.3	99.0	98.9	99.1	99.0	98.9	99.1	99.2	99.2	98.9	99.0	消費動向調査	毎年3月時

※1: 世帯数が「一般世帯」を示す。95年、90年、95年のデータは総務省「国勢調査」の要綱値を、96年~00年のデータは総務省「人口問題研究所」の推計値を示す。

※2: 買い換え年数は、92年より調査開始。

※3: 国内出荷台数は、98年までは22から29型に「30型以上」を含む。カラーテレビの内数である「ハイビジョン」は、96年以前はハイビジョンを含む。

※4: 普及率は、95年より「29インチ以上」と「29インチ未満」に分けて調査開始。

表2-1-6: テレビの製品特性データ

項目	製品クラス	メーカー	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項	
定格消費電力	25型	W	-	120	117	132	135	144	148	140	134	134	131	124	124	126	95	105	三菱電機(株)	カタログほか		
		W	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	2.2	8.1	8.1	2.3	0.25	0.1	0.1				
製品重量(25型)		kg	-	33.4	34.8	31.2	31.6	33.6	34.6	33.8	32.0	32.0	29.5	28.8	28.8	27.8	27.8	30.4	30.4			
技術革新トピックス																						

増設電源・本製品の電源部は構成比増加、ESR内蔵等高機能モデルの増加

液晶テレビによる小型化・薄型化の進展

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

液晶テレビの普及による消費電力の削減

表2-1-7：自動車の市場特性データ

項目	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項	
市場流通車(乗用台数※1)合計	27,844,500	28,653,609	29,476,342	30,776,243	32,021,046	33,394,172	34,776,015	36,263,793	40,772,925	42,678,430	44,680,037	46,886,120	48,861,230	49,986,326	51,164,901	52,438,083	(社)日本自動車工業会	自動車保有台数	運輸省調べ	
代表型式別内訳																	(社)日本自動車工業会			
普通(2000型)	711,914	754,916	827,332	864,454	1,251,457	1,784,594	2,573,887	3,634,333	5,693,182	6,310,681	7,874,169	9,510,144	10,865,680	12,095,635	13,013,551	13,942,626				
小型(660型2000以下)	25,116,178	25,663,669	26,097,742	26,018,949	23,776,263	30,554,658	31,284,957	31,598,949	31,490,323	31,324,315	31,090,462	30,086,168	30,382,744	29,915,466	29,208,942	30,594,199				
軽(660以下)	2,016,487	1,835,084	1,643,268	1,792,840	1,983,326	1,584,926	3,217,371	3,800,615	4,392,088	5,043,434	5,775,386	6,532,382	7,264,826	7,860,665	8,942,428	9,901,258				
重い軽(乗用)	917	928	911	938	909	926	917	931	933	926	943	927	928	944	963	996				
平均使用年限																				
中古市場(台数・構成)																				
国内出荷台数推移※2																				
普通乗用車	3,104,086	3,146,274	3,275,097	3,717,552	4,403,650	5,102,236	4,687,702	4,454,012	4,199,451	4,210,168	4,449,900	4,685,728	4,492,006	4,093,146	4,154,084	4,259,872				
小型乗用車	73,539	81,178	111,415	166,054	276,538	467,490	683,611	713,828	683,750	687,463	886,200	897,985	873,220	756,117	723,999	770,220				
軽四乗用車	2,669,527	2,820,590	3,036,517	3,397,028	3,734,727	3,839,221	3,364,285	2,960,033	2,743,330	2,712,682	2,654,291	2,813,382	2,701,696	2,966,671	2,193,920	2,208,387				
軽自動車	161,017	138,235	126,868	153,677	382,484	785,948	840,337	774,181	772,865	810,023	900,355	917,100	947,500	1,236,165	1,281,265					
普及率推移																				
	61.2	-	64.6	-	68.0	72.0	69.7	-	75.0	-	76.9	-	-	-	-	-				

※1：保有台数=乗用車保有台数

※2：出荷台数=新車登録台数または経自動車保有台数

表2-1-8：自動車の市場特性データ

項目	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項	
燃料消費率																				
10モード	13.3	13.3	13.4	13.5	13.3	12.7	12.8	12.7	15.0	15.0	15.3	14.9	14.9	15.1	15.1	16.6				
10.1モード																				
10.1モード																				
車両重量	895	893	896	899	897	937	1023	1027	1037	1013	1013	1048	1040	1040	1045					
技術革新トピックス																				
オートマチック車(乗用車)比率	48.8	57.1	60.6	64.0	69.1	72.5	74	74.7	76.5	77.5	80.8	84.2	87.2	87.7	88.5	91.2	(社)日本自動車工業会			

購入車、軽乗用車は除く。

2. 2 環境特性データ

2. 2. 1 LCI データ

IM 型製品を社会に普及させる場合、その環境改善効果を定量的に算出して、社会へアピールすることが必要である。調査対象製品に関して、LCA のインパクト評価まで行い、従来製品のリサイクルとインバース型製品のリサイクルを評価すべきであるが、まだ、インパクト評価体系や全産業の LCI データは整備されておらず、調査対象製品に関連する詳細なインパクト評価はできない。本調査研究で利用する基礎データとして、調査対象製品を製造している企業からインベントリデータの提供を受け、LCI を計算した。この LCI データの前提条件と、1.1 節の製品特性データには相違がある。以下では、調査対象製品ごとに LCI の前提条件、LCI データの結果概略、および製品特性データとの相違を示す。なお、エアコンについては、詳細な LCI データを収集することができなかつたため、一部企業が独自に公表しているデータのみとなっている。

2. 2. 1 a エアコン

エアコンに関しては、エアコンメーカーが独自に実施しているデータを紹介する。

●ダイキン工業

対象製品：2.5kw クラス

データ収集時期：1996 年 11 月から 1997 年 3 月まで。

LCA の適用範囲：素材製造、製品加工、流通、使用、廃棄／リサイクル

方法：各段階において積み上げ法を用いる。投入物と排出物の全データを蓄積。

データ収集：LCA 担当者のみでの作業では精度の高いものは得にくいので、5 段階の各工程ごとに現場の担当者の協力を得て、資源消費と排出される化学物質の数字を割り出している。この他、社外から調達している素材については、通産省工業技術院、資源環境総合研究所の「NIRE-LCA」やスイスのデータベースソフト「BUWAL250」などの複数のデータベースから引用している。インベントリデータは、CO₂、NO_x、SO_x をはじめ 100 種類以上に上っている。

インパクト評価：オランダで開発された「エコインディケーター95」の手法を用いた。

結果：インパクト評価結果では、環境負荷の 78% を占める使用工程に加えて廃棄／リサイクル工程が 19% と比較的大きな負荷を占めることがわかった（図 2.2.1 参照）。

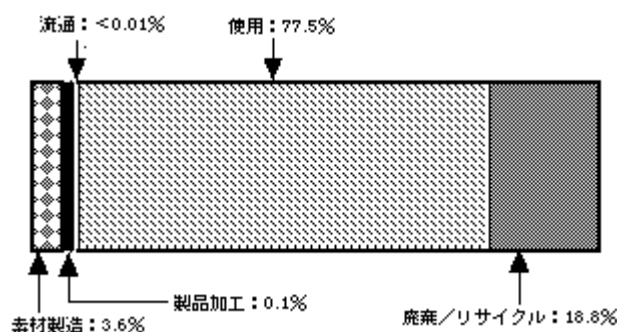


図 2.2.1：エアコンのインパクト評価結果

●松下電器産業

対象製品：2.5kW

製造時期：1995年

LCIのインベントリ項目：CO2

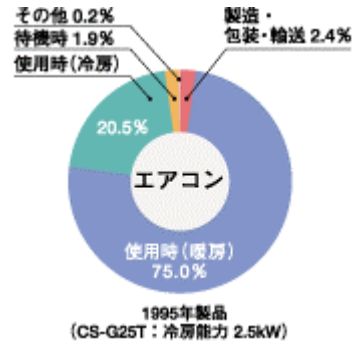


図 2.2.2 : エアコンの LCI データ

2.2.1b 冷蔵庫

冷蔵庫(インバータ制御、冷媒断熱剤にHFC仕様型)LCI算出の前提条件

対象冷蔵庫仕様

型式	容量	重量	消費電力	備考
インバータ制御 断熱剤、冷媒HFC 1999年製	401L 2ドア	79kg	21kWh/月 (B法、50Hz)	廃棄時に断熱材 と冷媒からHFCが 全て放出とする

注) B法はISO規格に準じた消費電力測定法、なお、A法は日本電気工業会基準。

製造時

冷蔵庫の構成材料と重量比

構成材料	重量比 (%)
鉄	50.7
アルミニウム	1.3
銅	2.5
樹脂	24.1
ガラス	1.0
その他	20.7
合計	100.0

冷蔵庫の構成材料と重量

構成材料	重量(kg)	重量比 (%)	備考
鉄	39.80	50.4	
アルミニウム	1.03	1.3	
銅	1.98	2.5	
樹脂	19.04	24.1	
ガラス	0.79	1.0	
電気回路	0.20	0.3	集積回路50個
その他	16.12	20.4	
合計	79	100	

(資源協会編「家庭生活のライフサイクルエネルギー」)

製品の組み立てエネルギーについては電気冷蔵庫(冷媒HFC)1,575kcal/kg(0.7kWh/kg)
(資源協会編「家庭生活のライフサイクルエネルギー」)と算出される。

輸送時

10tトラックで冷蔵庫8台を輸送するものとする。
10tトラックの燃費は3.5km/l(環境情報科学技術センター編「ライフサイクルインベントリ分析の手引き」
輸送距離は300km

使用時

電力消費量は年間の消費電力と使用年数から算出
使用年数は10年とした。

廃棄時

廃棄輸送は2tトラックで2台を輸送するものとする。2tトラックの燃費は8.0km/l(環境情報科学センター編
「ライフサイクルインベントリの手引き」)
廃棄時の輸送距離は20kmとする。
解体処理は製品の金属部分+電気回路(重量40.9kg)がシュレッダー処理し、集塵と選別処理を
行なうとした。
廃棄時のHFC放出は、冷媒から0.3kg-HFC134a/台、断熱材から0.3kg-HFC134a/台が全て
放出されるとした。

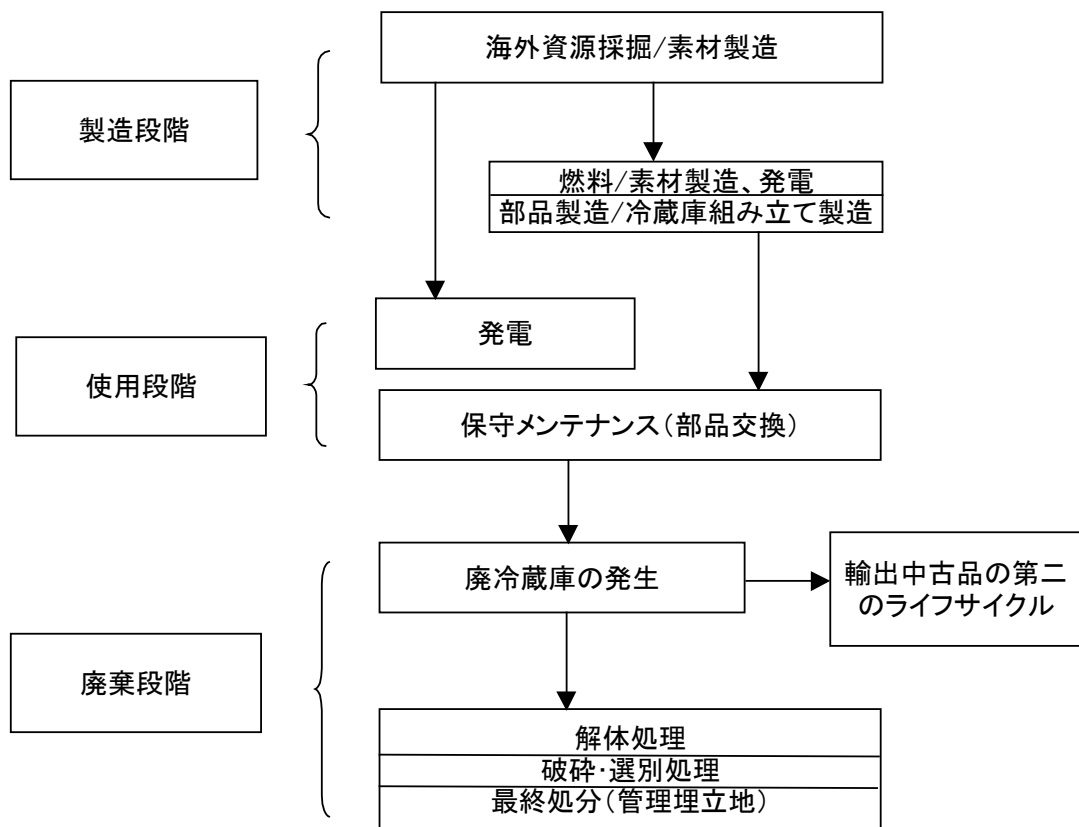


図 2. 2. 3 : 冷蔵庫のライフサイクル・プロセス

表 2. 2. 1: 冷蔵庫の LSI データ

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		6ガス
	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	GWP
製造時	182.967	183	0.068	1.4	0.0002	0.07	0.000	0	0.001	10	0.0001	1.6	196
輸送時	29.269	29	0.001	0.02	0.0009	0.29	0.000	0	0.000	0	0.000	0	30
使用時(10年)	914.718	915	0.726	15.3	0.0023	0.71	0.000	0	0.000	0	0.001	34.8	965
廃棄時	4.579	5	0.001	0.02	0.0003	0.08	0.600	780	0.000	0	0.000	0	785
ライフサイクル全体	1131.534	1132	0.797	17	0.0037	1.15	0.600	780	0.001	10	0.002	36.4	1977
年当りのガスの排出量(kg)	113.153		0.080		0.0004		0.060		0.0001		0.0002		
年当りのガスのGWPの合計	113		1.7		0.11		78		1.0		3.6		198

表 2.2.2 : 冷蔵庫の LCI データと製品特性データの相違点

項目	LCI	製品特性
対象製品	401 リットル、2 ドア インバータ制御、冷媒 HFC 使用。 National (NR-W400) を選んで 解析。	400 リットルクラス ドア数特定せず。 インバータ制御、冷媒 HFC 使用。
製造年	1999 年	1999 年の場合
製品重量	79kg	三菱電機製 : 80kg 三洋電機製 : 84kg
消費電力量	21kWh/月 (JISB 法 (JIS C9607))	530kWh/年 (JIS C 9801)
冷蔵庫構成材料比 (重量 比)	(社)資源協会編「家庭生活の ライフサイクルエネルギー」 より設定しているが、特定形 式の冷蔵庫を対象としたも のではない。なお、上記代表 形式の冷蔵庫では、ガラスは 使用されていない。 鉄 : 50.4% 銅 : 2.5% アルミニウム : 1.3% 樹脂 : 24.1% ガラス : 1.0% 電気回路 : 0.3% その他 : 20.4%	(財)家電製品協会データ、 三菱電機製及び(株)東芝 製冷蔵庫に関するデータ でも左記データと類似す るものはない。

2. 2. 1 c テレビ

テレビ (CRTディスプレイ型) LCI算出の前提条件

対象テレビ仕様

型式	製品重量	消費電力
CRTディスプレイ型 21型CRT 1998～1999年製	20.8kg	92W (リモコン待機時0.9W)

製造時

テレビ (CRT型) 構成材料と重量比

構成材料	重量比 (%)
鉄	9.7
アルミニウム	0.3
銅	1.5
樹脂	16.1
ガラス	62.4
電気回路	8.1
その他	1.8
合計	100

テレビ (CRT型) の材料構成と重量

構成材料	重量 (kg)	備考
鉄	2.00	
アルミニウム	0.06	
銅	0.31	
樹脂	3.35	
ガラス	13.00	
電気回路	1.70	半導体642個
その他	0.40	
合計	20.80	

厚生省水道部リサイクル推進室「生活環境審議会廃棄物処理部会」資料より

製品の組み立てエネルギーについては21インチ型1987.5kcal/kg、19インチ型1594.3kcal/kg (資源協会編「家庭生活のライフサイクルエネルギー」)より、平均をとり1791kcal/kg (0.80kWh/kg)とした。

輸送時

4tトラックでテレビ20台を輸送するものとする。
4tトラックの燃費は5.5km/l (環境情報科学技術センター編「ライフサイクルインベントリ分析の手引き」)
輸送距離は300km

使用時

電力消費量は年間の消費電力と使用年数から算出
使用年数は10年とした。
家庭に於けるテレビの使用時間は4.5時間/日 (メーカー各社のカタログより)とする。

廃棄時

廃棄輸送は2tトラックで10台を輸送するものとする。2tトラックの燃費は8.0km/l (環境情報科学センター編「ライフサイクルインベントリの手引き」)
廃棄時の輸送距離は20kmとする。
解体処理は製品の金属部分+電気回路 (重量4.1kg) がシュレッダーにかけられるものとする。

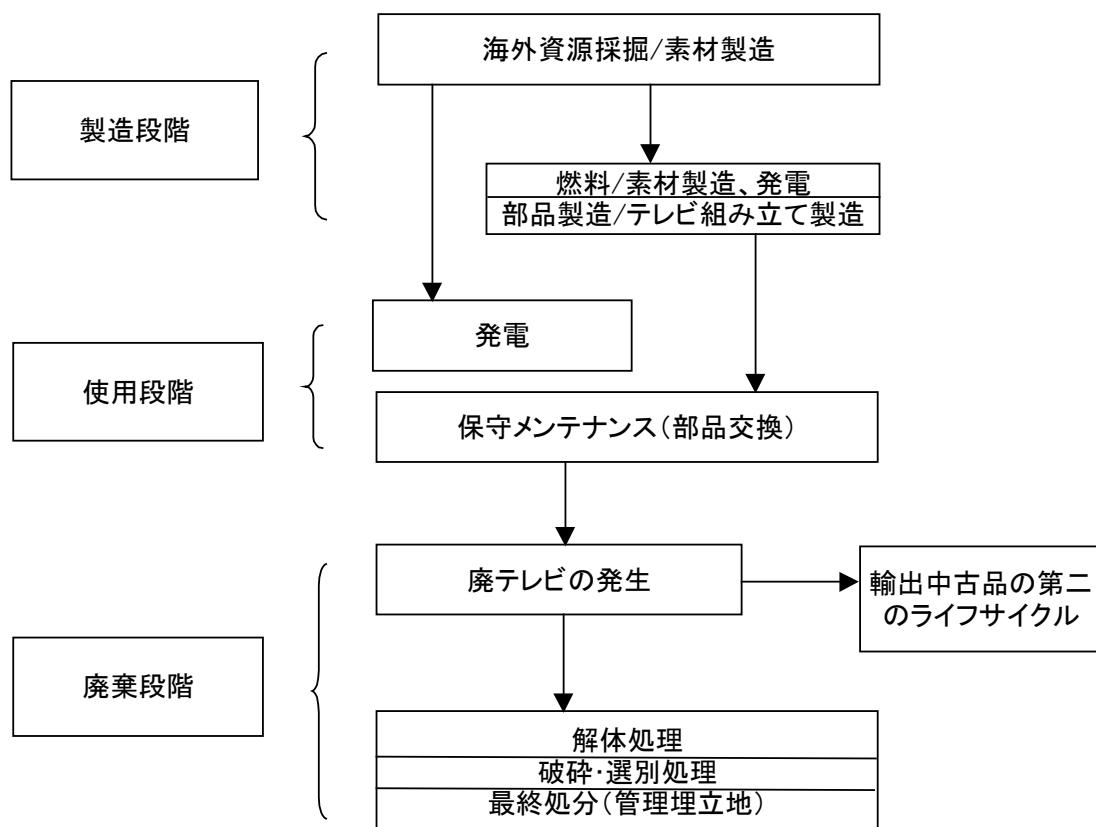


図 2.2.4 : テレビのライフサイクル・プロセス

表 2.2.3 : テレビの LCI データ

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		6ガス GWP
	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	
製造時	45.488	45	0.018	0.4	6.83E-05	0.02	0	0	0.018	131	0.00002	1	177
輸送時	7.450	7	0.000	0	0.000375	0.12	0.000105	0.137	0.000	0	0.000	0	8
使用時(10年)	572.062	572	0.454	9.5	0.00143	0.44	0	0	0.000	0	0.0009	22	604
廃棄時	0.793	1	0.000	0	5.03E-05	0.02	0.000014	0.018	0.000	0	0.000	0	1
ライフサイクル全体	625.794	626	0.472	9.9	0.001924	0.60	0.000119	0.155	0.018	131	0.0009	22	790
年当りのガスの排出量(kg)	62.579		0.047		0.0002		0.0000119		0.002		0.00009		
年当りのガスのGWPの合計	63		1.0		0.1		0.02		13		2.2		79

表 2.2.4 : テレビの LCI データと製品特性データの相違点

項目	LCI	製品特性
対象製品	21 型 CRT ディスプレイ型 (1996 年の大きさ別の出荷 台数割合から対象に選んで いる。)	25 型、29 型を選択。 (ただし、特定メーカー (三菱電機、三洋電機) の 製品の消費電力、待機電 力、重量を記載)
製造年	1998 年、1999 年の 6 メーカーからはじめに 20 型を選 んでいる。しかし、LCD との比 較のために (LCD20 型は CRT21 型に相当するとし て)、実際は 21 型を対象と している。	同上
製品重量	20.8kg	同上
消費電力量	下記条件から、年間消費電 力量 : 157.6kWh/年と算出。 使用時電力 (カタログ値) : 92W 待機時電力 (カタログ値) : 0.9W 家庭での平均視聴時間 : 4.5 同じく待機時間 : 19.5	同上。 年間消費電力量は、メー カーカタログ記載値である。 年間消費電力量の算出方 法の考え方は、左記と同じ であるが、使用時電力や待 機電力の数値については、 経験則 (カタログ値に特定 係数を乗じている) を取り 入れている。
テレビ構成材料比 (重量 比)	どちらも代表形式のテレビに特定したデータではない。	
	厚生省水道部リサイクル推 進室「生活環境審議会廃棄物 処理部会」資料より引用して いる。 鉄 : 9.7% 銅 : 1.5% アルミニウム : 0.3% 樹脂 : 16.1% ガラス : 62.4% 電気回路 : 8.1% その他 : 1.8%	1997 年の (財)家電製品協 会資料に基づく下記デー タとほぼ同じである。 鉄 : 9.7% 銅 : 1.5% アルミニウム : 0.4% 樹脂 : 15.6% ガラス : 62.4% 電気回路 : 8.1% その他 : 2.3%

2. 2. 1 d 自動車

自動車LCI算出の前提条件
対象乗用車仕様

メーカー名	重量	エンジン排気量	燃費(10.15モード)
トヨタ 普通乗用車 カローラセダン	1040kg	1500cc	14.6km/l

製造時

自動車構成材料と重量比

構成材料	重量比(%)
鉄	72.2
アルミニウム	6.2
銅	1.8
樹脂	10.1
ガラス	2.8
ゴム	3.1
その他	3.8
合計	100

乗用車の材料使用量と重量費(LCI算出用)

構成材料	重量	重量比(%)	備考
鉄	751	72.2	
アルミニウム	65	6.2	
銅	19	1.8	
樹脂	105	10.1	
ガラス	29	2.8	
ゴム	32	3.1	
電気回路	5	0.05	集積回路:300個
その他	39	3.75	
合計	1040	100	

(自動車工業会ISO14000分科会WG2「自動車のLCA研究」)

1991年度工場のエネルギー源別消費量

	電気	石油	都市ガス	石炭
使用量(Tcal)	24,379	6,659	2,702	2,126

(自動車工業会ISO14000分科会WG2「自動車のLCA研究」)

↓
1991年度乗用車生産台数:9,752,000台(東洋経済「97経済統計年鑑」主要製品生産高の自動車1991年値)

↓
乗用車1台当たり組み立てエネルギー

	電気	石油	都市ガス	石炭
使用量(Kcal/台)	2,499,897	682,834	277,071	218,007
使用量(kwh/台)	1,111	69.7	27.7	35.2

輸送時

乗用車5台を輸送するものとする。

20tonトラックの燃費は2.2km/l(環境情報科学技術センター編「ライフサイクルインベントリ分析の手引き」
輸送距離は300km)

使用時

年間走行距離を10,000kmとする

使用年数を9.28年とする(自動車研究所「乗用車の予備的LCA-廃棄段階の検討-自動車研究
20-12(1998)の1987年寿命)

メンテナンスとしてタイヤを2組(4本)交換するものとする

廃棄時

乗用車のシュレッダー処理にかかる重量比は80%(832kg)とした。
廃棄時のフロン(HFC234a)ha0.7kg/台が放出されるとしている。

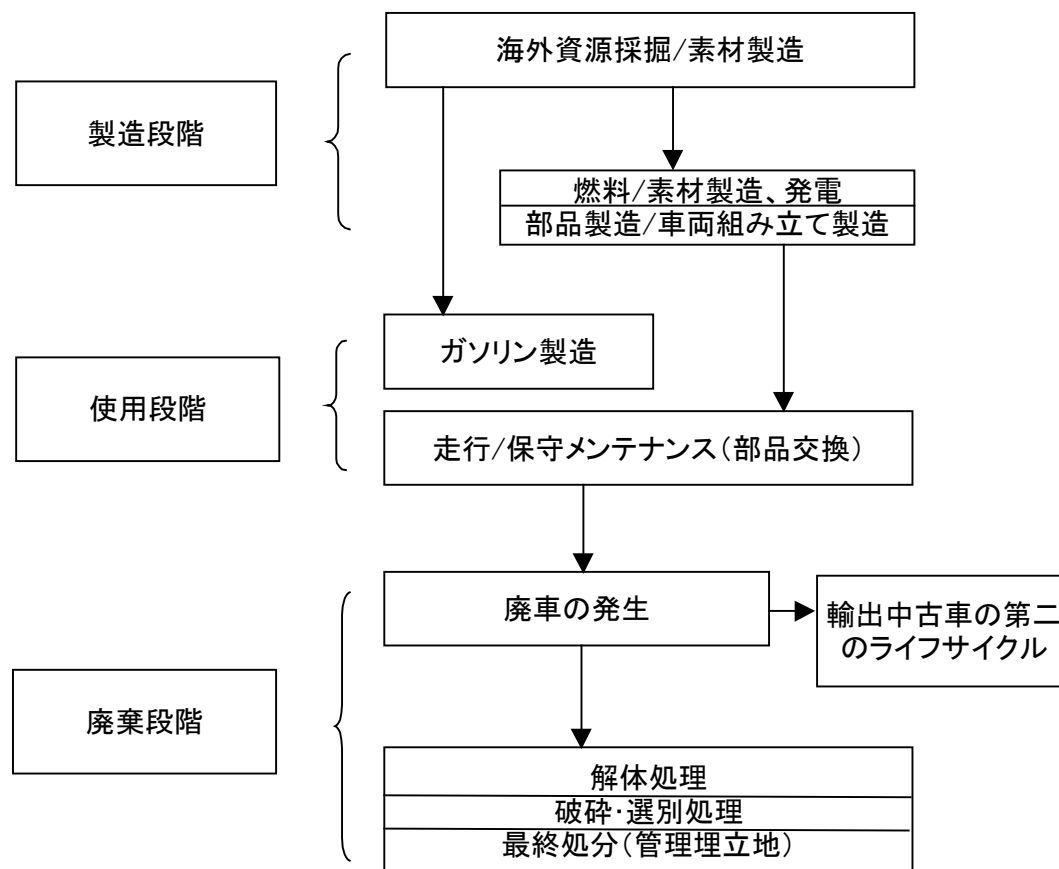


図 2.2.5 : 自動車のライフサイクル・プロセス

表 2.2.5 : 自動車の LCI データ

	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		6ガス	
	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP	排出量kg	GWP
製造時	3444.072	3444	1.002	21	0.005	1	0.000	0	0.009	67	0.001	26	3560	
輸送時	74.504	75	0.002	0.04	0.002	0.5	0.0004	1	0.000	0	0.000	0	76	
使用時(9.28年)	16179.033	16179	2.668	56	1.560	484	0.650	844	0.000	0	0.00012	3	17566	
廃棄時	24.661	25	0.018	0.4	0.0001	0.02	0.700	910	0.000	0	0.00004	1	936	
ライフサイクル全体	19722.270	19722	3.691	78	1.566	485	1.350	1755	0.009	67	0.001	30	22137	
年当りのガスの排出量(kg)	2125.245		0.398		0.169		0.145		0.001		0.0001			
年当りのガスのGWPの合計	2125		8		52		189		7		3		2385	

表 2.2.6 : 自動車の LCI データと製品特性データの相違点

項目	LCI	製品特性
対象製品	トヨタ 普通乗用車 カローラ	トヨタ 普通乗用車 カローラ
変速機形式	4 A T	4 A T
使用燃料	ガソリン	ガソリン
エンジン排気量	1500cc	1500cc
製品重量	1040kg	1997年：1048kg 1998年：1040kg 1999年：1040kg
燃料消費率（10.15モード）	14.6km/l	1997年：14.9km/l 1998年：15.1km/l 1999年：15.1km/l
製造年	製品重量、燃料消費率と諸元表から、2001年現在のカローラより1代前の1997年～1999年製造されたものと推定される。	1997年 1998年 1999年
自動車構成材料比（重量比）	<p>（社）日本自動車工業会 ISO14000 分科会 WG3「自動車の LCA 研究」より引用し、さらに電気回路を別に見積もった下記データを使用しているが、カローラそのもののデータではない。</p> <p>鉄 : 72.2% 銅 : 1.8% アルミニウム : 6.2% 樹脂 : 10.1% ガラス : 2.8% ゴム : 3.1% 電気回路 : 0.05% その他 : 3.75%</p>	<p>（社）日本自動車工業会発行の「自動車産業関連統計」より収集したデータは、1986年、1989年、1992年、1997年、2001年のものである。</p> <p>左記のデータと完全に一致するものはないが、1992年時のデータと比較的一致しているように考えられる。</p> <p>鉄 : 72.3% 銅 : 1.0% アルミニウム : 6.0% 樹脂 : 7.3% ガラス : 2.8% ゴム : 3.1% 電気回路 : 記載なし その他 : 7.5%</p>

2. 2. 2 材料構成比、廃棄量、リサイクル率、最終埋立量に関するデータ

2. 2. 2 a エアコン

エアコンの構成材料比に関するデータを表 2.2.7 に、廃棄量、リサイクル率、最終埋立量に関するデータを表 2.2.8 に示す。なお、廃棄量については、(財)家電製品協会、経済産業省資料を記載した。リサイクル率については、統計データは見当たらなかった。

2. 2. 2 b 冷蔵庫

冷蔵庫の構成材料比に関するデータを表 2.2.9 に、廃棄量、リサイクル率、最終埋立量に関するデータを表 2.2.10 に示す。なお、廃棄量については、(財)家電製品協会、経済産業省資料を記載した。リサイクル率については、統計データは見当たらなかった。

2. 2. 2 c テレビ

テレビの原材料構成比に関するデータを表 2.2.11 に、廃棄量、リサイクル率、最終埋立量に関するデータを表 2.2.12 に示す。原材料構成比については、(財)家電製品協会と株式会社東芝より提供されたデータを記載した。なお、廃棄量については、(財)家電製品協会、経済産業省資料を記載した。リサイクル率については、統計データは見当たらなかった。

2. 2. 2 d 自動車

自動車の構成材料比に関するデータを表 2.2.13 に、廃車台数、リサイクル率、最終埋立量等に関するデータを表 2.2.14 に示す。廃車台数は、(社)日本自動車工業会の例に従って、前年末保有台数に当年新規登録届出台数を加えた値より当年末保有台数を差し引いて試算した。この廃車台数には、中古車市場の商品の在庫増加分（税制の関係上一時抹消登録するもの）、輸出中古車、手回り品として海外に輸出される中古車も含まれている。最終埋立量については、リサイクル率同様に統計データがほとんど見当たらず、一般にいわれているリサイクル率 75～85%を参考にまた、廃車 1 台当たり概ね 1 トンと見なして、算出した。

表2-2-7: エアコンの原材料構成比

項目	材料	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	参考データ 室内機	参考データ 室外機	特記事項	
原材料構成比	●鉄及び鉄合金	%		43.0				50.5	49.0		54.0				45.9				17.4	48.7		
	●銅及び銅合金	%		18.0				17.8	17.0		18.0				18.5				14.3	5.9		
	●アルミニウム	%		7.0				7.5	9.0		9.0				8.6				11.6	8.3		
	●プラスチック	%		26.0				13.5	19.0		16.0				17.5				39.0	4.9		
	PP	%		-				-	-		-				3.7				2.8	3.5		
	PS	%		-				-	-		-				5.6				27.3	-		
	PE	%		-				-	-		-				0.6				0.5	-		
	ABS	%		-				-	-		-				1.9				1.9	-		
	PVC	%		-				-	-		-				1.9				1.6	-		
	POM	%		-				-	-		-				-				1.7	-		
	AS	%		-				-	-		-				0.3				3.5	-		
	PET	%		-				-	-		-				-				-	-		
	PPE	%		-				-	-		-				-				-	-		
	EPT	%		-				-	-		-				-				-	-		
	その他	%		0.0												3.5					0.0	
	●ゴム	%		-				-	-		-				-					0.3	0.2	
	●電子部品	%		-				-	-		-				-					10.5	12.8	
	●プリント基板	%		-				-	-		-				-					4.1	1.6	
	●繊維	%		-				-	-		-				-					-	-	
	●ガス	%		-				-	-		-				-					-	-	
●オイル	%		-				-	-		-				-					-	-		
●その他不明	%		-				-	-		-				-					-	-		
データ出所		%		6.0				10.9	6.0		3.0				9.5				2.8		(財)製造科学技術センター ホームページ	

表2-2-8: エアコンの廃棄量、リサイクル率、最終埋立量

項目	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	特記事項	
他定廃棄量	万台	-	-	-	-	-	-	203	217	236	259	289	326	361	267	277	302	(財)家電製品協会、経済産業省資料		
	万トン	-	-	-	-	-	-	10	11	12	13	15	17	18	14	14	15	(財)家電製品協会、経済産業省資料		
リサイクル率(重量ベース)	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.5	(財)家電製品協会、経済産業省資料ほか	
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.2	-	-	-	-	-	-	-	厚生省資料ほか	
最終埋立量	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.8	-	-	-	-	-	-	-	厚生省資料ほか	
	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-	-	-	-	厚生省資料ほか	直接埋立、フレグランスの埋立

表2-2-9:冷蔵庫の原材料構成比

項目	材料	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	参考データ	特記事項		
原材料構成比	●鉄及び鉄合金(ステンレス含む) ●銅 ●アルミニウム ●プラスチック PP PS PVC PE PA ABS その他樹脂 発泡ポリウレタン ●ゴム ●無機物質 ●その他不明の樹脂、鋼ハイ ア等が含まれる)	%	59.0	4.0	2.0	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.0	49.0	-	-	46.1		
		%	4.0	2.0	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	4.0	-	-	0.2	
		%	2.0	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	-	-	0.7	
		%	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43.0	43.3	10.7	9.0	9.0	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4	1.4	3.4	0.2	9.6	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	3.4	-	-	0.2	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		データ出所																				

表2-2-10:冷蔵庫の廃棄量、リサイクル率、最終埋立量

項目	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	特記事項
推定廃棄量	万台	-	-	-	-	-	-	-	332	338	345	352	363	375	383	384	407	(財)家電製品協会、経済産業省資料
	万トン	-	-	-	-	-	-	-	20	20	20	21	21	22	23	23	24	(財)家電製品協会、経済産業省資料
リサイクル率(重量ベース)	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	厚生省資料ほか
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	厚生省資料ほか
最終埋立量	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	厚生省資料
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	直接埋立、ケレクター入りの埋立

表2-2-11: テレビの原材料構成比

項目	材料	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	特記事項
原材料構成比	● 銅及び鉄合金(ステンレス含む)	%		12.0				9.0							8.8					5.8
	● 銅及び銅合金	%		3.0				4.0												2.2
	● アルミニウム	%						1.0												
	● ガラス(基板部は除く)	%		51.0				65.0							63.2					57.1
	● プラスチック	%		13.0				13.0								1.4				0.8
	PP	%														13.7				13.8
	PS	%														0.5				0.1
	PVC	%																		
	PA(ナイロン)	%																		
	ABS	%																		
	その他	%		0.0												0.3				0
	● 紙類(複合材)	%														0.3				10.2
	● 繊維(複合材)	%														8.2				6.3
	● 樹脂/フェノール	%																		
	● ガラス/エポキシ	%																		
● 木材	%		12.0																3.9	
● その他不明物質	%																			
データ出所								美芝90~99年製)			(財)家電製造品協業				(財)家電製造品協業				(財)製造科学技術センター ホームページ	

表2-2-12: テレビの廃棄量、リサイクル率、最終埋立量

項目	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	特記事項
推定廃棄量	万台	-	-	-	-	-	-	464	486	514	548	589	635	684	737	869	903	(財)家電製品協会、経済産業省資料	
	万トン	-	-	-	-	-	-	12	12	13	14	15	16	17	21	22	23	(財)家電製品協会、経済産業省資料	
リサイクル率(重量ベース)	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.7	-	-	-	-	-	22.5	厚生省資料ほか	
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.3	-	-	-	-	-	-	厚生省資料ほか	
最終埋立量	万トン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.3	-	-	-	-	-	-	厚生省資料	
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.3	-	-	-	-	-	-	厚生省資料、ケルダデータ	

表2-2-13: 自動車の原材料構成比

項目	材料	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項
原材料構成比	鉄鉄	%	-	1.7	-	-	1.7	-	-	2.1	-	-	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-
	鉄鋼	%	-	0.9	-	-	0.8	-	-	0.8	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-
	熱延厚板	%	-	7.1	-	-	6.3	-	-	8.5	-	-	-	-	8.6	-	-	-	-	-	-
	熱延中板	%	-	4.7	-	-	4.6	-	-	3.6	-	-	-	-	3.1	-	-	-	-	-	-
	熱延薄板	%	-	0.4	-	-	0.4	-	-	0.3	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-
	冷延厚板	%	-	26.0	-	-	22.5	-	-	15.0	-	-	-	-	13.3	-	-	-	-	-	-
	高張力鋼板	%	-	7.3	-	-	6.4	-	-	3.9	-	-	-	-	3.8	-	-	-	-	-	-
	車軸めっき鋼板	%	-	5.4	-	-	10.0	-	-	14.8	-	-	-	-	12.3	-	-	-	-	-	-
	その他表面処理鋼板	%	-	2.8	-	-	2.9	-	-	5.4	-	-	-	-	6.7	-	-	-	-	-	-
	鋼管	%	-	2.7	-	-	2.4	-	-	2.0	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-
	その他普通鋼材	%	-	0.4	-	-	0.4	-	-	0.6	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-
	普通鋼材	%	-	5.7	-	-	56.9	-	-	54.9	-	-	-	-	52.1	-	-	-	-	-	-
	炭素鋼材	%	-	6.1	-	-	6.0	-	-	5.8	-	-	-	-	6.8	-	-	-	-	-	-
	合金鋼材	%	-	3.4	-	-	3.5	-	-	3.7	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-
	純粋性改質鋼材	%	-	1.4	-	-	1.9	-	-	2.1	-	-	-	-	2.1	-	-	-	-	-	-
	ステンレス鋼・高張鋼	%	-	1.0	-	-	1.0	-	-	1.4	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-
	ほね鋼材	%	-	1.5	-	-	1.3	-	-	1.3	-	-	-	-	1.4	-	-	-	-	-	-
	鋼突鋼材	%	-	0.9	-	-	0.7	-	-	0.6	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-
	その他特殊鋼材	%	-	0.7	-	-	0.6	-	-	0.4	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-
	特殊鋼材	%	-	15.0	-	-	15.1	-	-	15.3	-	-	-	-	16.9	-	-	-	-	-	-
	電気銅	%	-	1.0	-	-	1.3	-	-	1.0	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-
	鉛銅	%	-	0.6	-	-	0.6	-	-	0.5	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-
	亜鉛合金	%	-	0.4	-	-	0.4	-	-	0.3	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
	アルミ合金	%	-	3.9	-	-	4.9	-	-	6.0	-	-	-	-	7.5	-	-	-	-	-	-
	その他の非鉄金属	%	-	0.2	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
	非鉄金属	%	-	6.1	-	-	7.4	-	-	7.4	-	-	-	-	9.6	-	-	-	-	-	-
	ファンネル樹脂	%	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-
ポリウレタン樹脂	%	-	1.2	-	-	1.2	-	-	1.1	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	-	
ポリビニール樹脂	%	-	1.7	-	-	1.6	-	-	1.1	-	-	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	
ポリエチレン樹脂	%	-	0.5	-	-	0.4	-	-	0.3	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	
ポリプロピレン樹脂	%	-	2.0	-	-	2.4	-	-	2.5	-	-	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	
ABS樹脂	%	-	0.7	-	-	0.8	-	-	0.7	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	
その他の合成樹脂	%	-	0.4	-	-	0.3	-	-	0.4	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	
(採用樹脂計)	%	-	6.6	-	-	6.6	-	-	6.2	-	-	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-	
(高張樹脂計)	%	-	0.7	-	-	0.7	-	-	1.1	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	
(合成樹脂計)	%	-	7.3	-	-	7.5	-	-	7.3	-	-	-	-	7.5	-	-	-	-	-	-	
発料	%	-	1.7	-	-	1.4	-	-	1.5	-	-	-	-	1.7	-	-	-	-	-	-	
ゴム	%	-	3.0	-	-	2.7	-	-	3.1	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	
ガラス	%	-	3.3	-	-	3.0	-	-	2.8	-	-	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	
繊維	%	-	1.4	-	-	1.2	-	-	1.2	-	-	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	
木材	%	-	0.5	-	-	0.4	-	-	0.4	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	
その他	%	-	2.3	-	-	2.7	-	-	3.4	-	-	-	-	2.9	-	-	-	-	-	-	
非金属	%	-	19.5	-	-	19.9	-	-	19.7	-	-	-	-	19.6	-	-	-	-	-	-	

(社)日本自動車工業会

自動車産業関連統計

表2-2-14: 自動車の廃車台数・リサイクル率・最終埋立量

項目	単位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	データ出所	データ名称	特記事項	
指定廃車台数(前年保有+当年新検査廃車-前年保有)	台	2,551,147	2,513,796	2,653,093	2,663,049	2,915,286	4,272,093	2,204,587	3,209,673	2,997,007	2,954,476	3,117,437	3,205,901	3,439,779	3,362,874	3,368,128	3,529,651	前年保有台数+当年新検査台数+前年保有台数			
代表型式別内訳	台	37,837	38,077	39,489	33,551	33,270	42,063	54,064	64,312	70,387	73,307	100,168	141,844	202,629	262,468	334,992	393,600	前年保有台数+当年新検査台数+前年保有台数			
リサイクル率(重量ベース)	%	2,284,431	2,250,064	2,394,916	2,445,385	2,690,013	3,025,664	3,002,604	2,934,308	2,745,944	2,722,372	2,846,837	2,883,892	3,032,483	2,869,179	2,776,236	2,813,276	日本自動車工業会、JAMA Report、特別号p.6(1996)、産廃資料ほか		一般に75~85%とされている	
指定最終埋立量	%	229,459	219,658	218,688	204,113	192,003	204,361	207,889	191,053	180,676	158,789	168,412	180,385	204,661	231,227	274,900	322,975	日本自動車工業会、JAMA Report、特別号p.6(1996)、産廃資料ほか		8%以上	クレーン等

約10~40万トン(全ての廃車約50万台からの試算)

3. 迅速循環の環境への影響

本章では、第2章に述べた基礎データに基づき、迅速循環シナリオのマクロ効果を試算する。その試算は、以下の単純化した問題設定で実施した。

- ・ 解決の緊急性が高いと思われる地球温暖化問題に注目し、CO2 排出量を主評価パラメータとするが、廃棄物量も評価パラメータとする。
- ・ 対象製品は、エアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車とし、これらの製品寿命（平均使用期間）を10年として、各製品を10年間使用する従来型の製品ライフサイクル（現状シナリオ）と5年経過後に更新する迅速循環ライフサイクル（迅速循環シナリオ）を比較する。
- ・ 比較方法としては、2000年時点1年間のCO2 排出量と廃棄物量に関して、1991年に既に迅速循環が実施された場合と現状のシナリオを比較する。

3. 1 エアコン

まず始めに、エアコンを対象とした試算結果を述べる。試算方法は、他の製品でもほぼ共通であり、多少詳しく述べる。

3. 1. 1 基本設定

- ・ 市場流通量：第2章の表2.1.1、表2.1.2に記載されている。単純化のために、全期間を通して7000万台（冷暖房用エアコン）とし、年式は均等に分散しているとする。
- ・ 製品特性：東芝キャリア製2.5kW型冷暖房用エアコンのデータを採用して、上記7000万台が全てこの製品であると仮定する。この製品の期間消費電力量、製品重量を表3.1.1に示す。

表 3.1.1 エアコンの製品基準データ

製造年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	平均	
	1991~2000	1996~2000										
期間消費電力量 (kWh) *1	1,779	1,852	1,838	1,838	1,357	1,005	1,047	980	862	754	1331.2	929.6
製品重量 (室内機) (kg)	9	9	8	8	8	8.5	8	8	8	8.5	8.3	8.2
製品重量 (室外機) (kg)	34	35	30	30	34	34	30	30	30	34.5	32.2	31.7

*1 「期間消費電力量」とは、(社)日本冷凍空調工業会規格（JRA4046:ルームエアコンディショナーの期間消費電力量算出基準）に基づき、以下の条件のもとに運転した時の試算値。

外気温度：東京をモデル

設定室内温度：冷房時 27℃ / 暖房時 20℃

期間：冷房期間 6月2日 - 9月21日の 3.6ヶ月間

：暖房期間 10月28日 - 4月14日の 5.5ヶ月間

使用時間：6:00 - 24:00 の 18時間

住宅：JISC9612による平均的な住宅（木造・南向・洋室）

部屋の広さ：機種に見合った広さの部屋（2.5kWの場合は8畳）

3. 1. 2 使用時のCO2 排出量

表3.1.1から使用時のCO2 排出量(tCO2/年)を試算すると表3.1.2のようになる。ただし、

基本設定から、各年式の使用台数は7000万台/10年=700万台（現状シナリオ）、7000万台/5=1400万台（迅速循環シナリオ）とし、電力のCO2排出原単位は、0.4(kgCO2/kWh)とした。

表 3.1.2 エアコンの使用時の年間CO2排出量

現状シナリオ				迅速循環シナリオ			
総台数 7000 (万台)				総台数 7000 (万台)			
製造年	市場流通台数 (万台)	期間消費電力量 (kWh/台)	総消費電力量 (kWh)	製造年	市場流通台数 (万台)	期間消費電力量 (kWh/台)	総消費電力量 (kWh)
2000	700	754	5.28E+09	2000	1400	754	1.06E+10
1999	700	862	6.03E+09	1999	1400	862	1.21E+10
1998	700	980	6.86E+09	1998	1400	980	1.37E+10
1997	700	1047	7.33E+09	1997	1400	1047	1.47E+10
1996	700	1005	7.04E+09	1996	1400	1005	1.41E+10
1995	700	1357	9.50E+09				
1994	700	1838	1.29E+10				
1993	700	1838	1.29E+10				
1992	700	1852	1.30E+10				
1991	700	1779	1.25E+10				
合計		消費電力量(kWh)	9.32E+10	合計		消費電力量(kWh)	6.51E+10
		CO2排出量(tCO2)	3.73E+07			CO2排出量(tCO2)	2.60E+07
差分						消費電力量(kWh)	-2.81E+10
						CO2排出量(tCO2)	-1.12E+07

3. 1. 3 製造・廃棄のCO2排出量

ライフサイクルインベントリデータから使用時以外の製造、輸送、廃棄などの工程に関わるCO2排出量を試算した。製品1台あたりの生産・廃棄のCO2排出量 l 、使用時の年間CO2排出量 u 、LCC02における使用時のCO2排出量の割合 w 、製品使用年数 y とすると、式(3.1)のようになる。

$$l = u \times y \times \frac{1-w}{w} \quad (3.1)$$

よって、生産・廃棄の年間CO2総排出量 L は、生産・廃棄台数を n として、式(3.2)のようになる。

$$L = l \times n \quad (3.2)$$

以上に基づき、第2章で述べた調査結果に基づき、 $w=97.6(\%)$ として、表、式(3.1)より製造・廃棄の平均CO2排出量の平均 \bar{l} (tCO2)を

$$\bar{l} = \frac{3.73e7}{7e7} \times 10 \times \frac{1-0.976}{0.976} = 0.131 \quad (3.3)$$

として（製造、廃棄に関わるCO2排出量は現状シナリオでも、迅速循環シナリオでも変わらないと想定している）、表3.1.3を得た。

表 3.1.3 エアコンの生産・廃棄に伴う年間 CO2 排出量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
LCCO ₂ に対する使用時の割合 (%)	97.6%	97.6%
生産・廃棄のCO ₂ 排出量 (tCO ₂ /台)	0.131	0.131
生産・廃棄台数(万台/年)	700	1400
生産・廃棄の総CO ₂ 排出量(tCO ₂ /年)	9.17E+05	1.83E+06
差分(tCO ₂ /年)		9.17E+05

3. 1. 4 廃棄物量

迅速循環シナリオでは当然廃棄物量が増加する。表 3.1.1 から、現状シナリオ、迅速循環シナリオの製品重量（室内機と室外機の合計）は、それぞれ 1991 年～2000 年、1996 年～2000 年の製品重量の平均値を取り、40.5(kg)、39.9(kg)とした。これから、表 3.1.4 が得られる。

表 3.1.4 エアコンの年間廃棄物量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製品重量(kg)	40.5	39.9
廃棄製品台数(万台/年)	700	1400
廃棄重量(万t/年)	28.35	55.86
差分(万t/年)		27.51

3. 1. 5 比較結果

製品を単純に製造、使用、廃棄してリサイクルなどを一切しない場合、現状シナリオと迅速循環シナリオの比較結果は以下のようになる。

使用時における CO₂ 削減量 (tCO₂) : 1.12e7

製造・廃棄に伴う CO₂ 増加量 (tCO₂) : 9.17e5

差し引き (tCO₂) : 1.03e7

廃棄物の増加量 (万 t) : 27.5

すなわち、CO₂ を年間 1.03e7 (tCO₂) 削減できるが、一方で、年間 27.5 (万 t) の廃棄物が増加する。

一方で、単純にエアコンを廃棄することは考えられず、家電リサイクル法のエアコンの再商品化率 (60%) を想定すると、廃棄物量の増加分は、11 (万 t) 程度と予測できる。

また、製造・廃棄に伴う CO₂ 排出量も、リユースやリサイクルをすれば削減可能であると考えられる。そこでここでは、リユース・リサイクルによる製造・廃棄に伴う CO₂ 排出量の削減割合を「循環省エネ率」と呼ぶことにする。すなわち、表における製造・廃棄の CO₂ 排出量 (tCO₂/台)_m、循環省エネ率 r 、としたときの、実際の生産・廃棄にかかる CO₂ 排出量 (tCO₂/台)_{m'} を式 (3.4) のように定義する。

$$m' = m \times r \quad (3.4)$$

これを用いて、現状シナリオと迅速循環シナリオを比較した結果を表 3.1.5 に示す。

表 3.1.5 エアコンの比較結果

循環省エネ率 (%)	使用時差分 (tCO2/年)	製造・廃棄時差分 (tCO2/年)	迅速循環シナリオによるCO2削減量** (tCO2/年)
0%	-1.12E+07	9.17E+05	-1.03E+07
10%	-1.12E+07	8.25E+05	-1.04E+07
20%	-1.12E+07	7.33E+05	-1.05E+07
30%	-1.12E+07	6.42E+05	-1.06E+07
40%	-1.12E+07	5.50E+05	-1.07E+07
50%	-1.12E+07	4.58E+05	-1.08E+07
60%	-1.12E+07	3.67E+05	-1.09E+07
70%	-1.12E+07	2.75E+05	-1.10E+07
80%	-1.12E+07	1.83E+05	-1.11E+07
90%	-1.12E+07	9.17E+04	-1.12E+07
100%	-1.12E+07	0.00E+00	-1.12E+07

** 削減される場合にマイナス

この表より、エアコンのように使用時のCO2排出割合が大きい製品では、循環省エネ率の効果が相対的に小さいことがわかる。

以上、エアコンのようにエネルギー消費効率の向上が進んでいる製品では、迅速循環シナリオの効果が十分に大きいという結論を得た。

3. 2 冷蔵庫

3.1 節と同様の方法で、冷蔵庫を対象として試算を行った。

3. 2. 1 基本設定

第2章の表 2.1.3、表 2.1.4にある松下製 400L クラス家庭用冷蔵庫のデータを採用した。市場流通量は 3500 万台(300L 以上の家庭用冷蔵庫)とし、3500 万台全てが上記の製品であると仮定して試算を行った。この製品の年間消費電力量、製品重量を表 3.2.1 に示す。ただし、年間消費電力量は、松下電器産業(株)の 2001 年版環境報告書をもとに、また製品重量は、400L クラスの三菱電機製冷蔵庫のデータをもとに試算した結果である。

表 3.2.1 冷蔵庫の製品基準データ

製造年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	平均	
	1991~2000	1996~2000										
年間消費電力量(kWh)*2	1080	1080	1158	1433	1433	1040	667	589	530	370	938	639.2
製品重量(kg)	78	80	80	80	83	83	86.5	86.5	80	80	81.7	83.2

*2 ここでの「年間消費電力量」は、JIS C 9801に基づき、松下電器産業が測定したデータに基づいている。

3. 2. 2 試算結果

3.1 節と同様の方法で冷蔵庫について試算した結果を表 3.2.2-表 3.2.5 に示す。

表 3.2.2 冷蔵庫の使用時の年間 CO2 排出量

現状シナリオ				迅速循環シナリオ			
総台数		3500 (万台)		総台数		3500 (万台)	
製造年	市場流通台数 (万台)	量 (kWh/台)	総消費電力量 (kWh)	製造年	数 (万台)	量 (kWh/台)	量 (kWh)
2000	350	370	1.30E+09	2000	700	370	2.59E+09
1999	350	530	1.86E+09	1999	700	530	3.71E+09
1998	350	589	2.06E+09	1998	700	589	4.12E+09
1997	350	667	2.33E+09	1997	700	667	4.67E+09
1996	350	1040	3.64E+09	1996	700	1040	7.28E+09
1995	350	1433	5.02E+09				
1994	350	1433	5.02E+09				
1993	350	1158	4.05E+09				
1992	350	1080	3.78E+09				
1991	350	1080	3.78E+09				
合計		消費電力量(kWh)	3.28E+10	合計		消費電力量(kWh)	2.24E+10
		CO2排出量(tCO2)	1.31E+07			CO2排出量(tCO2)	8.95E+06
差分						消費電力量(kWh)	-1.05E+10
						CO2排出量(tCO2)	-4.18E+06

この表において、各年式の使用台数は 3500 万台/10 年=350 万台とし、電力の CO2 排出原単位は、0.4 (kgCO2/kWh)とした。

表 3.2.3 冷蔵庫の製造・廃棄に伴う年間 CO2 排出量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製造・廃棄のCO2排出量(tCO2/台)	0.212	0.212
製造・廃棄台数(万台/年)	350	700
製造・廃棄の総CO2排出量(tCO2/年)	7.42E+05	1.48E+06
差分(tCO2/年)		7.42E+05

ここでは、第2章に述べた冷蔵庫に関する LCI の結果から、使用時以外の CO2 排出量を 0.212(tCO2/台)とし、これを製造・廃棄の CO2 排出量とした。

表 3.2.4 冷蔵庫の年間廃棄物量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製品重量(kg)	81.7	83.2
廃棄製品台数(万台/年)	350	700
廃棄重量(万t/年)	28.595	58.24
差分(万t/年)		29.645

この表で、現状シナリオ、迅速循環シナリオの製品重量は、それぞれ表 3.2.1 から得られる 1991 年-2000 年、1996 年-2000 年の平均値とした。

3. 2. 3 比較結果

製品を単純に製造、使用、廃棄し、リサイクルなどを一切しない場合、現状シナリオと迅速循環シナリオの比較結果は以下ようになる。

使用時における CO2 削減量 (tCO2) : 4.18e6

製造・廃棄に伴う CO2 増加量 (tCO2) : 1.48e6

差し引き (tCO2) : 2.7e6

廃棄物の増加量 (万 t) : 29.6

すなわち、CO2 を年間 2.7e6 (tCO2) 削減できるが、一方で、年間 29.6 (万 t) の廃棄物が増加する。

一方で、単純に冷蔵庫を廃棄することは考えられず、家電リサイクル法の冷蔵庫の再商品化率 (50%) を想定すると、廃棄物量の増加分は、14.8 (万 t) 程度と予測できる。

また、製造・廃棄に伴う CO2 排出量も、リユースやリサイクルをすれば削減可能であると考えられる。そこでここでは、3.1 節と同様に、製造・廃棄に伴う CO2 排出量の削減割合を「循環省エネ率」を導入する。これを用いて、現状シナリオと迅速循環シナリオを比較した結果を表 3.2.5 に示す。

表 3.2.5 冷蔵庫の比較結果

循環省エネ率 (%)	使用時差分 (tCO2/年)	製造・廃棄時差分 (tCO2/年)	迅速循環シナリオによるCO2削減量** (tCO2/年)
0%	-4.18E+06	7.42E+05	-3.44E+06
10%	-4.18E+06	6.68E+05	-3.52E+06
20%	-4.18E+06	5.94E+05	-3.59E+06
30%	-4.18E+06	5.19E+05	-3.66E+06
40%	-4.18E+06	4.45E+05	-3.74E+06
50%	-4.18E+06	3.71E+05	-3.81E+06
60%	-4.18E+06	2.97E+05	-3.89E+06
70%	-4.18E+06	2.23E+05	-3.96E+06
80%	-4.18E+06	1.48E+05	-4.03E+06
90%	-4.18E+06	7.42E+04	-4.11E+06
100%	-4.18E+06	0.00E+00	-4.18E+06

** 削減される場合にマイナス

この表より、冷蔵庫で循環省エネ率の効果がエアコンよりは大きいことがわかる。

以上、冷蔵庫のようにエネルギー消費効率の向上が進んでいる製品では、エアコンと同様、迅速循環シナリオの効果が十分に大きいという結論を得た。

3. 3 テレビ

3.1 節と同様の方法で、テレビを対象として試算を行った。

3. 3. 1 基本設定

第2章の表 2.1.5、表 2.1.6 にある三菱電機製 25 型 CRT 式テレビのデータを採用した。市場流通量は、7600 万台 (29 型未満のテレビ) とし、7600 万台全てが上記の製品であると仮定して試算を行った。この製品の定格消費電力、定格待機電力、年間消費電力量、製品重量を表 3.3.1 に示す。

表 3.3.1 テレビの製品基準データ

製造年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	平均	
											1991~2000	1996~2000
定格消費電力(W)	148	140	134	134	131	124	124	126	95	105	126.1	114.8
定格待機電力(W)*3	2.2	2.2	2.2	2.2	8.1	8.1	2.3	0.25	0.1	0.1	2.8	2.2
年間消費電力量(kWh)*4	190.1	180.3	172.9	172.9	190.2	181.6	160.9	156.1	117.4	129.7	165.2	149.1
製品重量(kg)	34.6	33.8	32.0	32.0	29.5	28.8	28.8	27.8	27.8	30.4	30.6	28.7

*3 1991年、1992年の定格待機電力値はデータ収集が行えなかったもので、1993年、1994年の値(2.2W)を流用した。

*4 年間消費電力量は、「総合エネルギー調査会省エネルギー基準部会テレビジョン受信機及びビデオテープレコーダー判断基準小委員会中間とりまとめ」に基づき、以下の式を用いて試算した結果である。

$$\text{年間消費電力量(kWh/年)} = (\text{動作時消費電力} \times 4.5 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日} + \text{待機時消費電力} \times (24 - 4.5) \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日}) / 1000$$

動作時消費電力は、経験上、定格消費電力の75%である。

待機時消費電力は、経験上、定格待機電力の50%である。

3.3.2 試算結果

3.1節と同様の方法でテレビについて試算した結果を表3.3.2～表3.3.5に示す。

表 3.3.2 テレビの使用時の年間CO2排出量

現状シナリオ				迅速循環シナリオ			
総台数	7600 (万台)			総台数	7600 (万台)		
製造年	市場流通台数 (万台)	年間消費電力量 (kWh/台)	総消費電力量 (kWh)	製造年	市場流通台数	年間消費電力量 (kWh/台)	総消費電力量 (kWh)
2000	760	129.7	9.86E+08	2000	1520	129.7	1.97E+09
1999	760	117.4	8.92E+08	1999	1520	117.4	1.78E+09
1998	760	156.1	1.19E+09	1998	1520	156.1	2.37E+09
1997	760	160.9	1.22E+09	1997	1520	160.9	2.45E+09
1996	760	181.6	1.38E+09	1996	1520	181.6	2.76E+09
1995	760	190.2	1.45E+09				
1994	760	172.9	1.31E+09				
1993	760	172.9	1.31E+09				
1992	760	180.3	1.37E+09				
1991	760	190.1	1.45E+09				
合計	消費電力量(kWh)		1.26E+10	合計	消費電力量(kWh)		1.13E+10
	CO2排出量(tCO2)		5.02E+06		CO2排出量(tCO2)		4.53E+06
差分						消費電力量(kWh)	-1.22E+09
						CO2排出量(tCO2)	-4.89E+05

この表において、各年式の使用台数は現状シナリオでは7600万台/10年=760万台、迅速循環シナリオでは7600万台/5年=1520万台とし、電力のCO2排出原単位は、0.4 (kgCO2/kWh)とした。

表 3.3.3 テレビの製造・廃棄に伴う年間 CO2 排出量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製造・廃棄のCO2排出量(tCO2/台)	0.0753	0.0753
製造・廃棄台数(万台/年)	760	1520
製造・廃棄の総CO2排出量(tCO2/年)	5.72E+05	1.14E+06
差分(tCO2/年)		5.72E+05

ここでは、第2章に述べたテレビに関する LCI の結果から、使用時以外の CO2 排出量を 0.0512(tCO2/台)を得た。ただし、この値は 21 型テレビ(製品重量 20.8kg)の試算結果であるので、大まかに言って、環境負荷と製品重量は比例関係にあると考え、表 3.3.1 の製品平均重量を掛けて、概算した。すなわち、対象製品の製造・廃棄の CO2 排出量を次式により求めた。

$$0.0512 \times \frac{30.6(kg)}{20.8(kg)} = 0.0753(tCO2) \quad (3.5)$$

表 3.3.4 テレビの年間廃棄物量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製品重量(kg)	30.6	28.7
廃棄製品台数(万台/年)	760	1520
廃棄重量(万t/年)	23.2	43.7
差分(万t/年)		20.4

この表で、現状シナリオ、迅速循環シナリオの製品重量は、それぞれ表 3.3.1 から得られる 1991 年～2000 年、1996 年～2000 年の平均値とした。

3.3.3 比較結果

以上より、単純に製品を製造、廃棄し、リサイクルなどを一切しない場合の、現状シナリオと迅速循環シナリオの比較結果は以下のようになる。

使用時における CO2 削減量 (tCO2) : 4.89e5

製造・廃棄に伴う CO2 増加量 (tCO2) : 5.72e5

差し引き (tCO2) : 8.3e4

廃棄物の増加量(万 t) : 20.4

すなわち、迅速循環により新しい製品機能を楽しむことができるが、CO2 を年間 8.3e4(tCO2)増加させ、年間 20.4(万 t)の廃棄物が増加する。

一方で、単純にテレビを廃棄することは考えられず、家電リサイクル法のテレビの再商品化率(55%)を想定すると、廃棄物量の増加分は、9.18(万 t)程度と予測できる。

また、製造・廃棄に伴う CO2 排出量も、リユースやリサイクルをすれば削減可能であると考えられる。3.1 節と同様に、製造・廃棄に伴う CO2 排出量の削減割合を「循環省エネ率」を用いて、現状シナリオと迅速循環シナリオを比較した結果を表 3.3.5 に示す。

表 3.3.5 テレビの比較結果

循環省エネ率 (%)	使用时差分 (tCO2/年)	製造・廃棄時差分 (tCO2/年)	迅速循環シナリオによるCO2削減量** (tCO2/年)
0%	-4.89E+05	5.72E+05	8.37E+04
10%	-4.89E+05	5.15E+05	2.64E+04
20%	-4.89E+05	4.58E+05	-3.08E+04
30%	-4.89E+05	4.01E+05	-8.80E+04
40%	-4.89E+05	3.43E+05	-1.45E+05
50%	-4.89E+05	2.86E+05	-2.02E+05
60%	-4.89E+05	2.29E+05	-2.60E+05
70%	-4.89E+05	1.72E+05	-3.17E+05
80%	-4.89E+05	1.14E+05	-3.74E+05
90%	-4.89E+05	5.72E+04	-4.31E+05
100%	-4.89E+05	0.00E+00	-4.89E+05

** 削減される場合にマイナス

この表より、循環省エネ率 0% の場合は、迅速循環により CO2 排出量が増大してしまうが、循環省エネ率 20% 以上の場合には、新機能の享受など、迅速循環のメリットを生かしつつ、CO2 排出量の削減が可能であることがわかる。

以上、テレビのようにエアコンや冷蔵庫と比較してエネルギー消費効率の向上が進んでいない製品では、迅速循環シナリオにより CO2 排出量が若干増大するが、循環省エネ率を向上させることにより CO2 排出量の削減も同時に可能であるという結論を得た。

3. 4 自動車

3.1 節と同様の方法で、自動車を対象として試算を行った。

3. 4. 1 基本設定

第 2 章に述べたように、乗用車のなかで最もポピュラーであると考えられるトヨタカローラ 1500cc(AT トランスミッション)を基準データとした。市場流通量は、2860 万台(小型乗用車(660cc 超 2000cc 以下)とし、2860 万台全てが上記の製品であると仮定して試算を行った。この製品の 10.15 モード燃費、年間消費燃料、車両重量を表 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 自動車の製品基準データ

製造年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	平均	
	1991~2000	1996~2000										
10.15モード燃費(km/L)*5	14.1	14.0	15.0	15.0	15.3	14.9	14.9	15.1	15.1	16.6	15.0	15.3
年間消費燃料(L)*6	710	716	667	667	654	671	671	662	662	602	668	654
製品重量(kg)	1025	1027	1037	1037	1013	1013	1048	1040	1040	1045	1033	1037

*5 燃費の測定方法は、1992 年まで 10.15 モードではなく 10 モードであった。10.15 モード燃費は 10 モード燃費に比べて高速走行の割合が多く、10%程度値が大きくなると言われている。ここでは、1991 年、1992 年のデータに関して、10 モード燃費の値を 1.1 倍して、燃費データとした。

*6年間消費燃料は、年間10,000(km)走行するとして、この値を10.15モード燃費で割った値である。

3.4.2 試算結果

3.1節と同様の方法で自動車について試算した結果を表3.4.2～表3.4.4に示す。

表 3.4.2 自動車の使用時の年間CO2排出量

現状シナリオ				迅速循環シナリオ			
総台数 2860 (万台)				総台数 2860 (万台)			
製造年	市場流通台数 (万台)	年間消費燃料 (L/台)	総消費燃料 (L)	製造年	市場流通台数 (万台)	年間消費燃料 (L/台)	総消費燃料 (L)
2000	286	602	1.72E+09	2000	572	602	3.45E+09
1999	286	662	1.89E+09	1999	572	662	3.79E+09
1998	286	662	1.89E+09	1998	572	662	3.79E+09
1997	286	671	1.92E+09	1997	572	671	3.84E+09
1996	286	671	1.92E+09	1996	572	671	3.84E+09
1995	286	654	1.87E+09				
1994	286	667	1.91E+09				
1993	286	667	1.91E+09				
1992	286	716	2.05E+09				
1991	286	710	2.03E+09				
合計		消費燃料(L)	1.91E+10	合計		消費燃料(L)	1.87E+10
		CO2排出量(tCO2)	4.59E+07			CO2排出量(tCO2)	4.49E+07
差分						消費燃料(L)	-4.11E+08
						CO2排出量(tCO2)	-9.87E+05

この表において、各年式の使用台数は2860万台/10年=286万台とし、燃料(ガソリン)のCO2排出原単位は、2.4(kgCO2/L)とした。

表 3.4.3 自動車の生産・廃棄に伴う年間CO2排出量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製造・廃棄のCO2排出量(tCO2/台)	3.46	3.46
製造・廃棄台数(万台/年)	286	572
製造・廃棄の総CO2排出量(tCO2/年)	9.90E+06	1.98E+07
差分(tCO2/年)		9.90E+06

ここでは、第2章に述べた自動車に関するLCIの結果から、使用時以外のCO2排出量を3.46(tCO2/台)を得た。

表 3.4.4 自動車の年間廃棄物量

	現状シナリオ	迅速循環シナリオ
製品重量(kg)	1033	1037
廃棄製品台数(万台/年)	286	572
廃棄重量(万t/年)	295	593
差分(万t/年)		298

この表で、現状シナリオ、迅速循環シナリオの製品重量は、それぞれ表3.4.1から得られる1991年～2000年、1996年～2000年の平均値とした。

3.4.3 比較結果

製品を単純に製造、使用、廃棄し、リサイクルなどを一切しない場合、現状シナリオと迅速循環シナリオの比較結果は以下のようになる。

使用時における CO2 削減量 (tCO2) : 9.87e5

製造・廃棄に伴う CO2 増加量 (tCO2) : 9.90e6

差し引き (tCO2) : 8.91e6 増加

廃棄物の増加量 (万 t) : 298

すなわち、迅速循環により新しい製品機能を享受できるが、CO2 を年間 8.91e6 (tCO2) 増加させ、年間 298 (万 t) の廃棄物が増加する。

一方で、単純に自動車を廃棄することは考えられず、現在リサイクルされているおおよその値 (80%) を想定すると、廃棄物量の増加分は、59.6 (万 t) 程度と予測できる。

また、製造・廃棄に伴う CO2 排出量も、リユースやリサイクルをすれば削減可能であると考えられる。3.1 節と同様に、製造・廃棄に伴う CO2 排出量の削減割合を「循環省エネ率」を用いて、現状シナリオと迅速循環シナリオを比較した結果を表 3.4.5 に示す。

表 3.4.5 自動車の比較結果

循環省エネ率 (%)	使用時差分 (tCO2/年)	製造・廃棄時差分 (tCO2/年)	迅速循環シナリオによるCO2削減量** (tCO2/年)
0%	-9.87E+05	9.90E+06	8.91E+06
10%	-9.87E+05	8.91E+06	7.92E+06
20%	-9.87E+05	7.92E+06	6.93E+06
30%	-9.87E+05	6.93E+06	5.94E+06
40%	-9.87E+05	5.94E+06	4.95E+06
50%	-9.87E+05	4.95E+06	3.96E+06
60%	-9.87E+05	3.96E+06	2.97E+06
70%	-9.87E+05	2.97E+06	1.98E+06
80%	-9.87E+05	1.98E+06	9.92E+05
90%	-9.87E+05	9.90E+05	2.65E+03
100%	-9.87E+05	0.00E+00	-9.87E+05

** 削減される場合にマイナス

この表より、循環省エネ率を高めても CO2 排出量は削減されないことがわかる。すなわち、自動車のように、使用段階でのエネルギー消費効率の向上が小さく、かつ、製造・廃棄段階での環境負荷が大きい製品においては、迅速循環シナリオは適切でないことが明らかとなった。

この問題の一因には、近年の自動車の燃費向上競争が表 3.4.1 に示すとおり 2000 年以降に盛んになったため、今回の試算範囲 (1991 年～2000 年) ではその効果がデータに現れていないということがある。そこでここでは、3.5 節に示すように、1996 年時点で既に自動車の燃費向上競争が開始されたという想定での試算も行って見た。

3.5 自動車 (燃費向上パターン)

上記の問題を検討するため、基本的な設定は 3.4 節と同様であるが、1996 年以降、燃費 (具体的には 10.15 モード燃費) が毎年 10% ずつ向上したという設定で試算を行ってみた。その結果を、表 3.5.1、表 3.5.2 に示す。

表 3.5.1 に示すとおり、上記の条件設定の場合、2000 年の 10.15 モード燃費は、24.6 (km/l) 程度となり、1996 年と比較すると 32% の燃費向上となる。これは、市販のハイ

ブリッド乗用車が 30(km/l)程度であること、今回比較した他製品の最近 5 年間の消費電力量向上率が、エアコン 28%、冷蔵庫 64%、テレビ 29%であることの二点から考えると、それほど極端な設定ではないと考えられる。

表 3.5.1 自動車の使用時の年間 CO2 排出量（燃費向上パターン）

現状シナリオ				迅速循環シナリオ			
総台数 2860 (万台)				総台数 2860 (万台)			
製造年	市場流通台数 (万台)	年間消費燃料 (L/台)	総消費燃料 (L)	製造年	市場流通台数 (万台)	年間消費燃料 (L/台)	総消費燃料 (L)
2000	286	406	1.16E+09	2000	572	406	2.32E+09
1999	286	446	1.28E+09	1999	572	446	2.55E+09
1998	286	491	1.40E+09	1998	572	491	2.81E+09
1997	286	540	1.54E+09	1997	572	540	3.09E+09
1996	286	594	1.70E+09	1996	572	594	3.40E+09
1995	286	654	1.87E+09				
1994	286	667	1.91E+09				
1993	286	667	1.91E+09				
1992	286	716	2.05E+09				
1991	286	710	2.03E+09				
合計	消費燃料(L)		1.68E+10	合計	消費燃料(L)		1.42E+10
	CO2排出量(tCO2)		4.04E+07		CO2排出量(tCO2)		3.40E+07
差分						消費燃料(L)	-2.68E+09
						CO2排出量(tCO2)	-6.42E+06

この表において、各年式の使用台数は 2860 万台/10 年=286 万台とし、燃料(ガソリン)の CO2 排出原単位は、2.4(kgCO2/L)とした。

表 3.5.2 自動車の比較結果（燃費向上パターン）

循環省エネ率 (%)	使用時差分 (tCO2/年)	製造・廃棄時差分 (tCO2/年)	迅速循環シナリオによるCO2削減量** (tCO2/年)
0%	-6.42E+06	9.90E+06	3.48E+06
10%	-6.42E+06	8.91E+06	2.49E+06
20%	-6.42E+06	7.92E+06	1.50E+06
30%	-6.42E+06	6.93E+06	5.07E+05
40%	-6.42E+06	5.94E+06	-4.83E+05
50%	-6.42E+06	4.95E+06	-1.47E+06
60%	-6.42E+06	3.96E+06	-2.46E+06
70%	-6.42E+06	2.97E+06	-3.45E+06
80%	-6.42E+06	1.98E+06	-4.44E+06
90%	-6.42E+06	9.90E+05	-5.43E+06
100%	-6.42E+06	0.00E+00	-6.42E+06

** 削減される場合にマイナス

以上より、10%/年の燃費向上を想定した場合は、製造・廃棄時の CO2 排出量の多い自動車であっても、循環省エネ率 40%以上を達成すれば、新機能の享受など、迅速循環の特徴を活かしつつ CO2 総排出量の削減を実現可能であることがわかる。

3. 6 試算のまとめ

以上、第 3 章で述べてきた試算結果をまとめると表 3.6.1、表 3.6.2 のようになる。

表 3.6.1 試算結果のまとめ（循環省エネ率 0%）

製品	CO2排出量			最終処分量差分 (万t/年)
	使用時差分 (tCO2/年)	生産・廃棄時差分 (tCO2/年)	差分合計 (tCO2/年)	
エアコン	-1.12E+07	9.17E+05	-1.03E+07	11.0
冷蔵庫	-4.18E+06	7.42E+05	-3.44E+06	14.8
テレビ	-4.89E+05	5.72E+05	8.37E+04	9.2
自動車	-9.87E+05	9.90E+06	8.91E+06	59.6
自動車(燃費向上)	-6.42E+06	9.90E+06	3.48E+06	59.6
エアコン、冷蔵庫の合計	-1.54E+07	1.66E+06	-1.38E+07	25.8
エアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車の合計	-2.23E+07	1.21E+07	-1.02E+07	94.6
エアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車の合計	-1.69E+07	1.21E+07	-4.78E+06	94.6

- 現状シナリオと迅速循環シナリオの差分を表している。マイナスの時、CO2排出量、最終処分量が迅速循環シナリオで削減されることを意味する。
- 最終処分量は、各節で述べたようにリサイクル率を乗じた後の結果を示す。

表 3.6.2 試算結果のまとめ（循環省エネ率 50%）

製品	CO2排出量			最終処分量差分 (万t/年)
	使用時差分 (tCO2/年)	製造・廃棄時差分 (tCO2/年)	差分合計 (tCO2/年)	
エアコン	-1.12E+07	4.58E+05	-1.08E+07	11.0
冷蔵庫	-4.18E+06	3.71E+05	-3.81E+06	14.8
テレビ	-4.89E+05	2.86E+05	-2.02E+05	9.2
自動車	-9.87E+05	4.95E+06	3.96E+06	59.6
自動車(燃費向上)	-6.42E+06	4.95E+06	-1.47E+06	59.6
エアコン、冷蔵庫、テレビの合計	-1.59E+07	1.12E+06	-1.48E+07	35.0
エアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車の合計	-2.23E+07	6.06E+06	-1.63E+07	94.6
エアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車の合計	-1.69E+07	6.06E+06	-1.08E+07	94.6

- 現状シナリオと迅速循環シナリオの差分を表している。マイナスの時、CO2排出量、最終処分量が迅速循環シナリオで削減されることを意味する。
- 最終処分量は、各節で述べたように再商品化率をリサイクル率として乗じた後の結果を示す。

以上から、本章では以下の結論が得られる。

- 新機能の享受と環境負荷の削減を両立する「迅速循環シナリオ」は、CO2排出量削減の面からは充分有効なシナリオである。循環省エネ率 50%を想定すれば、対象製品全体で 1.48e7 (tCO2/年) 程度の CO2 削減が可能である。このとき副作用として、年間 35 万 t 程度の最終処分量の増加を引き起こすが、これは廃棄物全体の年間排出量に比較すれば充分小さい値であり、またこの値自体も循環生産の促進などにより削減可能である。
- 一方で、自動車の試算例に見られるように、迅速循環に適していない製品カテゴリーも存在する。この問題、特に迅速循環シナリオの適用条件については、第 4 章で詳しく論ずる。製品を 5 年で更新するという設定で「迅速循環シナリオ」をモデル化した

が、この5年という期間が最適であるということではない。この辺りのより詳細な議論も第4章で行う。

4. 迅速循環による省エネルギー効果算定の一般化

4. 1 効果算定一般化の目的

前章において、家庭用工業製品を迅速循環させたときの省エネルギー効果を、代表的な製品であるエアコン、冷蔵庫、テレビ、自動車で試算し、その結果を示した。

本章では、任意の特性の製品に対する迅速循環の省エネルギー効果を即座に判断できるように一般化する。また、一般化の結果が、製品設計における省エネルギーの観点の評価・改善を行うためのガイドラインとして利用されることを目指す。

4. 2 年平均消費エネルギー

各種検討を行う前に、まず後の計算に利用する消費エネルギーに関する基礎式を導入する。なお、ここでは計算を単純化するため、以下の仮定を行う。

- (a) 毎年同率で使用段階の省エネルギー化が進む。
- (b) 製造・廃棄段階で使用するエネルギーは変化しない。
- (c) 毎年の製造台数および廃棄台数は一定である。
- (d) すべての製品が同一の使用期間後に更新される。

次に、以下のように製品特性パラメータを定義する。

n : 対象製品の使用期間(年)

α : 使用段階の消費エネルギー改善率/年

P : 製造・廃棄エネルギー/使用段階の年間消費エネルギー

n は、対象とする工業製品の使用期間である。上記(c)の通りすべて同一期間使用すると仮定しているためばらつきのない1つの値となる。

α は、製品の省エネルギー設計によって年あたりに改善される使用段階の消費エネルギーの削減率である。通常は百分率(%)で表わされるが、ここでは計算を簡単にするため小数で表わすことにする。たとえば $\alpha = 0.01$ (1%) とは、10年前に200Wだった消費エネルギーが1年後に $200 \times (1 - 0.01) = 198\text{W}$ になり、2年後に $200 \times (1 - 0.01)^2 \doteq 196\text{W}$ になるということである。この関係によると、逆に今年度の消費エネルギーを1とすると、1年前は $1 \div (1 - 0.01) \doteq 1.01$ 、2年前は $1 \div (1 - 0.01)^2 \doteq 1.02$ となる。そこでこれを一般化すると、 i 年前の消費エネルギーは $1 \div (1 - \alpha)^i = (1 - \alpha)^{-i}$ と表現される。

P は、今年度の使用段階の年間消費エネルギーに対する、製造・廃棄段階で必要とするエネルギーの割合である。結果を無次元化して表わすため、この値を比として定義することにした。

以上の仮定および定義の下で1台の製品が1年あたりで消費するエネルギーの平均値 T は以下の式4.2.1で求めることができる。この式で第1項は $n - 1$ 年前から今年までの各年に必要とする使用段階の年間消費エネルギーを使用年数で割り、1年あたりの平均値を求めている。第2項は、今年度の使用段階の年間消費エネルギーに対する、製造・廃棄段階で必要とするエネルギーを使用年数で割り、1年あたりの値を求めている。

以降の節では、この式を利用して評価、考察を行う。

$$T = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (1-\alpha)^{-i}}{n} + \frac{P}{n}$$

$$= \frac{1-(1-\alpha)^{-n}}{n \times (1-(1-\alpha)^{-1})} + \frac{P}{n} \quad \dots \text{式 4.2.1}$$

4.3 10年更新と5年更新の比較

第2章で報告したように、現状10年程度で更新される工業製品は多い。第3章では、使用段階のエネルギー消費量の改善率が高いとき、更新期間を半分の5年にすると、ライフサイクル全体のエネルギー消費量が削減されるケースが存在することを示した。一方、製造・廃棄段階におけるエネルギー消費量が、使用時のエネルギー消費量に比較して相対的に高いとき、この効果は小さく、極端な場合にはエネルギー消費量が増加してしまうことがわかった。

前章では、迅速循環シナリオによるCO2削減量を対象製品別に計算したのであるが、製品ごとにその妥当性を判断しやすくするために、一般の製品について、特性データを入力すると、10年の更新期間を5年に変更したときの効果を算出する一般式を求める。式4.2.1を利用すると、製品1台あたりの平均改善値D(年間改善率/使用段階の年間消費エネルギー)は以下の式4.3.1の通り計算することができる。なお改善値は無次元化し、今年度の年間消費エネルギーの何倍になるかで表わしている。

$$D = T_{(n=10)} - T_{(n=5)}$$

$$= \frac{\sum_{i=0}^9 (1-\alpha)^{-i}}{10} + \frac{P}{10} - \frac{\sum_{i=0}^4 (1-\alpha)^{-i}}{5} - \frac{P}{5}$$

$$= \frac{1-(1-\alpha)^{-10}}{10 \times (1-(1-\alpha)^{-1})} - \frac{1-(1-\alpha)^{-5}}{5 \times (1-(1-\alpha)^{-1})} - \frac{P}{10} \quad \dots \text{式 4.3.1}$$

この式4.3.1を利用すると、2つのパラメータ α 、Pの変化に対する効果の特徴を把握することができる。表4.3.1(a)は、式4.3.1に対してパラメータを変化させたものである。またそれをグラフ化したのが図4.3.1である。この表では、横軸は年平均の使用段階のエネルギー消費量の改善率、縦軸は今年度1年分の使用段階の消費エネルギーに対する製造・廃棄段階のエネルギー消費量である。マトリクス上の各値は、更新期間を10年から5年に変更したときに、今年度1年分の使用段階の消費エネルギーに対して、製品のライフサイクル(製造、使用、廃棄の全体)での消費エネルギーの1年分の平均値が改善される値である。マトリクス上の左

下の約半分は負の値であって消費エネルギーが増加して悪化し、右上に行くほど減少するという傾向を見ることができる。

縦方向に見ると、製造・廃棄エネルギー1.0分の増加に対して、効果値は0.10ずつ減少している。これは、10年更新を5年更新にすると、10年あたりの更新回数が1回分増えるので、それが10年間で平均されて0.10となるからである。そこで、表で下方へ行くと、使用段階の消費エネルギーに対して相対的に製造・廃棄で利用するエネルギーが大きくなり、それだけ全体の改善度は下がる。そして最終的には負の値になって悪化することになる。

一方横方向に見ると、左端の0%の列は、使用段階の消費エネルギーの改善が無い場合であり、製造・廃棄段階のエネルギー分だけ丸々損失となる。そして右側へ移行するほど効果が上がり、ある点以降で効果すなわちライフサイクル全体の消費エネルギーの削減量が正になって、その後拡大する。使用段階の消費エネルギーの改善は、いわゆる複利計算的に影響するため、その拡大率は右に行くほど大きくなる。

以上の結果、この表で右上に行くほど効果が大きく、右下に行くほど効果が負になることがわかる。

表 4.3.1(b)は、表 4.3.1(a)に代表的な製品をマッピングしたものである。エアコンおよび冷蔵庫は、使用段階の消費エネルギーの改善率が大きいので表の右側に位置付けられていて、また比較的上部に位置付けられるので、更新期間を10年から5年に短縮すると全体のエネルギー消費量削減に効果があることがわかる。テレビは、製造・廃棄段階の消費エネルギーは冷蔵庫と同程度であって上下方向はほぼ同位置にあるが、使用段階の消費エネルギーの改善率が低く左側に位置付けられるため、更新期間の短縮の効果が負となってしまう。自動車の場合、さらに製造・廃棄段階の消費エネルギーが相対的に大きくて下部に位置付けられ、使用段階の消費エネルギーの改善率が小さくて左側に位置付けられるため、更新期間短縮の効果が負でありその絶対値もさらに大きくなっている。

表 4.3.1 消費エネルギー改善率

(a)基本データ

P \ α	0%	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%
0.0	0.00	0.05	0.12	0.19	0.28	0.37	0.48	0.61	0.76
0.5	-0.05	0.00	0.07	0.14	0.23	0.32	0.43	0.56	0.71
1.0	-0.10	-0.05	0.02	0.09	0.18	0.27	0.38	0.51	0.66
1.5	-0.15	-0.10	-0.03	0.04	0.13	0.22	0.33	0.46	0.61
2.0	-0.20	-0.15	-0.08	-0.01	0.08	0.17	0.28	0.41	0.56
2.5	-0.25	-0.20	-0.13	-0.06	0.03	0.12	0.23	0.36	0.51
3.0	-0.30	-0.25	-0.18	-0.11	-0.02	0.07	0.18	0.31	0.46
3.5	-0.35	-0.30	-0.23	-0.16	-0.07	0.02	0.13	0.26	0.41
4.0	-0.40	-0.35	-0.28	-0.21	-0.12	-0.03	0.08	0.21	0.36
4.5	-0.45	-0.40	-0.33	-0.26	-0.17	-0.08	0.03	0.16	0.31
5.0	-0.50	-0.45	-0.38	-0.31	-0.22	-0.13	-0.02	0.11	0.26

α：使用段階の消費エネルギー改善率／年

P：製造・廃棄エネルギー／使用段階の年間消費エネルギー

(b)代表製品のマッピング

P \ α	0%	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%
0.0	0.00	0.05	0.12	0.19	0.28	0.37	0.48	0.61	0.76
0.5	-0.05	0.00	0.07	0.14	0.23	0.32	0.43	0.56	0.71
1.0	-0.10	-0.05	0.02	0.09	0.18	0.27	0.38	0.51	0.66
1.5	-0.15	-0.10	0.03	0.04	0.13	0.22	0.33	0.46	0.61
2.0	-0.20	-0.15	0.00	-0.01	0.08	0.17	0.28	0.41	0.56
2.5	-0.25	-0.20	-0.03	-0.06	0.03	0.12	0.23	0.36	0.51
3.0	-0.30	-0.25	-0.07	-0.10	0.02	0.07	0.18	0.31	0.46
3.5	-0.35	-0.30	-0.11	-0.14	0.01	0.02	0.13	0.26	0.41
4.0	-0.40	-0.35	-0.15	-0.18	0.00	0.01	0.12	0.25	0.40
4.5	-0.45	-0.40	-0.19	-0.22	-0.01	0.00	0.11	0.24	0.39
5.0	-0.50	-0.45	-0.23	-0.26	-0.02	-0.01	0.10	0.23	0.38

自動車
 $P=2.39$
 $\alpha = 1.82\%$

テレビ
 $P=1.45$
 $\alpha = 4.16\%$

エアコン
 $P=0.44$
 $\alpha = 9.10\%$

冷蔵庫
 $P=1.43$
 $\alpha =$

α : 使用段階の消費エネルギー改善率/年

P : 製造・廃棄エネルギー/使用段階の年間消費エネルギー

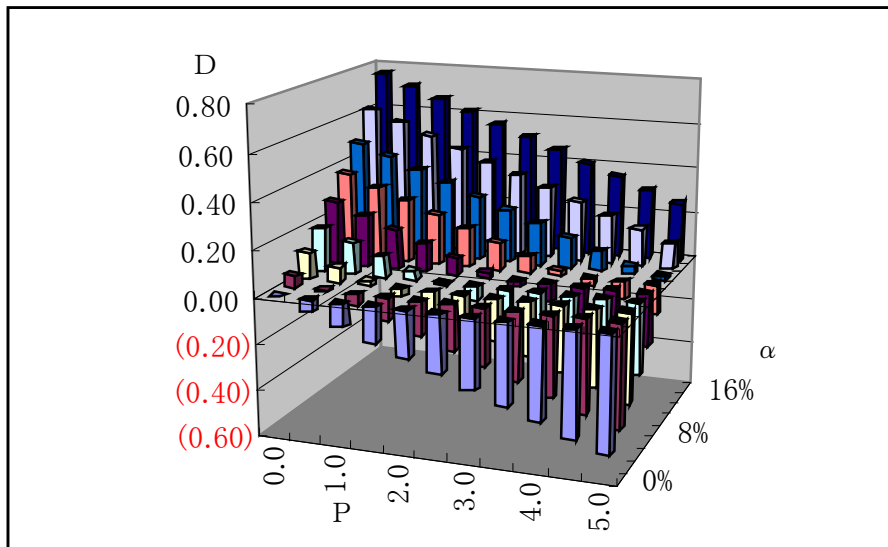


図 4.3.1 消費エネルギー改善率

4.4 最適更新年数

以上の議論を進めると、5年が最適かという疑問が湧く。そこである特性の工業製品があったときに、それを何年周期で更新するのが最適かという年数を求めることにした。

4.2節で提示した式 4.2.1 を n で微分し、その微分値が 0 になる n を求めると、この値は T を最小にする値であり、最適更新年数となる。この計算を行い、使用段階の消費エネルギー改善率 α 、今年度 1 年分の使用段階の消費エネルギーに対する製造・廃棄段階の消費エネルギー P を変化させて最適更新年数を求めたのが表 4.4.1(a) および図 4.4.1 である。

この結果を見ると、 α が大きいほど、また P が小さいほど最適更新期間が短いという予想通りの結果がわかる。前節までに議論した5年程度が最適な製品も存在するが、計算した範囲だけでも、最短で2.2年、最長で28.7年と大きく振れることがわかる。

これに代表的な製品をマッピングしたのが表4.4.1(b)である。この結果を見ると、各製品の最適更新年数は、およそ、エアコン3年、冷蔵庫4年、テレビ7年、自動車14年程度であることがわかる。

表 4.4.1 最適更新年数

(a)基本データ

P \ α	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5	9.7	6.8	5.5	4.7	4.2	3.8	3.5	3.2	3.0	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2
1.0	13.5	9.4	7.6	6.5	5.7	5.2	4.8	4.4	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3.1	3.0
1.5	16.4	11.3	9.1	7.8	6.9	6.2	5.7	5.3	4.9	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.5
2.0	18.8	12.9	10.4	8.9	7.8	7.0	6.4	6.0	5.6	5.2	5.0	4.7	4.5	4.3	4.1	4.0
2.5	20.8	14.3	11.5	9.8	8.6	7.8	7.1	6.6	6.1	5.8	5.4	5.2	4.9	4.7	4.5	4.3
3.0	22.7	15.6	12.4	10.6	9.3	8.4	7.7	7.1	6.6	6.2	5.9	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6
3.5	24.4	16.7	13.3	11.3	9.9	8.9	8.2	7.5	7.0	6.6	6.2	5.9	5.6	5.4	5.1	4.9
4.0	25.9	17.7	14.1	12.0	10.5	9.5	8.6	8.0	7.4	7.0	6.6	6.2	5.9	5.6	5.4	5.2
4.5	27.3	18.7	14.9	12.6	11.1	9.9	9.1	8.4	7.8	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.4
5.0	28.7	19.6	15.5	13.2	11.6	10.4	9.5	8.7	8.1	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.9	5.6

P : 製造・廃棄エネルギー／使用段階の年間消費エネルギー

α : 使用段階の消費エネルギー改善率／年

(b)代表製品のマッピング

P \ α	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5	9.7	6.8	5.5	4.7	4.2	3.8	3.5	3.2	3.0	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2
1.0	13.5	9.4	7.6	6.5	5.7	5.2	4.8	4.4	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3.1	3.0
1.5	16.4	11.3	9.1	7.8	6.9	6.2	5.7	5.3	4.9	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.5
2.0	18.8	12.9	10.4	8.9	7.8	7.0	6.4	6.0	5.6	5.2	5.0	4.7	4.5	4.3	4.1	4.0
2.5	20.8	14.3	11.5	9.8	8.6	7.8	7.1	6.6	6.1	5.8	5.4	5.2	4.9	4.7	4.5	4.3
3.0	22.7	15.6	12.4	10.6	9.3	8.4	7.7	7.1	6.6	6.2	5.9	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6
3.5	24.4	16.7	13.3	11.3	9.9	8.9	8.2	7.5	7.0	6.6	6.2	5.9	5.6	5.4	5.1	4.9
4.0	25.9	17.7	14.1	12.0	10.5	9.5	8.6	8.0	7.4	7.0	6.6	6.2	5.9	5.6	5.4	5.2
4.5	27.3	18.7	14.9	12.6	11.1	9.9	9.1	8.4	7.8	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.4
5.0	28.7	19.6	15.5	13.2	11.6	10.4	9.5	8.7	8.1	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.9	5.6

自動車
 $P=2.39$
 $\alpha = 1.82\%$

テレビ
 $P=1.45$
 $\alpha = 4.16\%$

エアコン
 $P=0.44$
 $\alpha = 9.10\%$

冷蔵庫
 $P=1.43$
 $\alpha =$

α : 使用段階の消費エネルギー改善率／年

P : 製造・廃棄エネルギー／使用段階の年間消費エネルギー

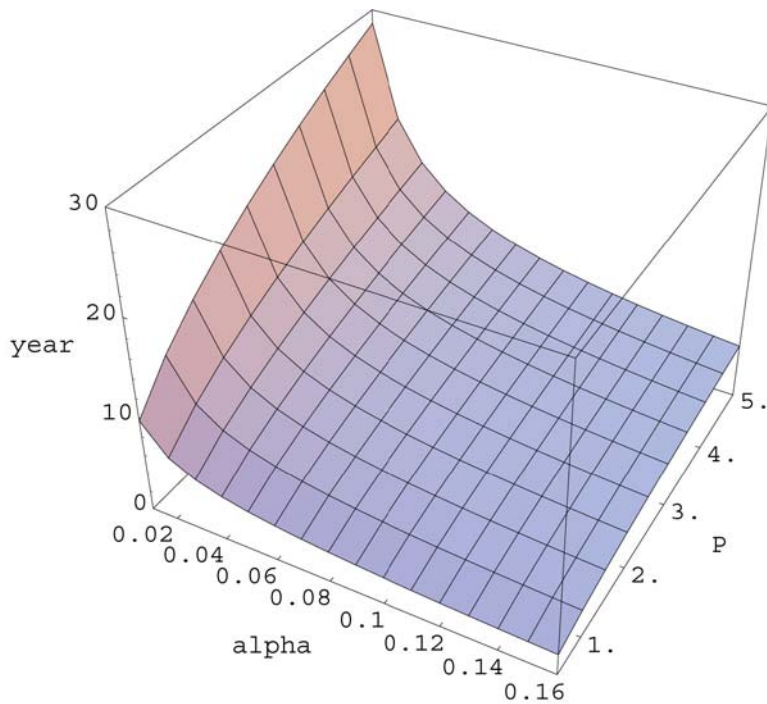


図 4.4.1 最適更新年数

最適更新年数が求められたので、ここで、10年更新の製品を、上記で求めた最適年数で更新した場合の効果を4.2と同様に計算する。

計算式は式4.4.1になり、その結果は表4.4.2(a)になる。最適年数を利用しているので、量の大小はあるがすべてのケースで効果が0以上になる。マトリクスの上右部分是最適更新年数が10年よりも短い部分であり、右上に行くほど効果が大きくなる。一方左下の部分是最適更新年数が10年よりも長い部分であり、左下へ行くほど、効果が大きくなる。これは一見するとPが大きくαが小さいほど効果が大きいように見えるが、実際は現状の効率が悪く、更新年数を20年、30年という年数に延ばしたときに初めて得られる効果であり、詳細は後述するが、非現実的である。

また代表的製品をマッピングすると表4.4.2(b)が求められる。

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{\sum_{i=0}^{10-1} (1-\alpha)^{-i}}{10} + \frac{P}{10} - \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (1-\alpha)^{-i}}{n} - \frac{P}{n} \\
 &= \frac{1-(1-\alpha)^{-10}}{10 \times (1-(1-\alpha)^{-1})} + \frac{P}{10} - \frac{1-(1-\alpha)^{-n}}{n \times (1-(1-\alpha)^{-1})} - \frac{P}{n}
 \end{aligned}$$

..... 式4.4.1

表 4.4.2 最適更新年数での消費エネルギー改善率

(a)基本データ

P\α	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
0.5	0.00	0.01	0.04	0.07	0.12	0.17	0.23	0.29	0.37	0.45	0.54	0.65	0.76	0.89	1.03	1.18
1.0	0.01	0.00	0.01	0.03	0.07	0.11	0.15	0.21	0.28	0.35	0.44	0.53	0.64	0.76	0.89	1.04
1.5	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.16	0.22	0.28	0.36	0.45	0.55	0.67	0.79	0.94
2.0	0.05	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.12	0.17	0.23	0.31	0.39	0.48	0.59	0.71	0.85
2.5	0.07	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.09	0.14	0.19	0.26	0.34	0.43	0.53	0.65	0.78
3.0	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.16	0.22	0.29	0.38	0.48	0.59	0.72
3.5	0.13	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	0.13	0.19	0.26	0.34	0.43	0.54	0.67
4.0	0.16	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.11	0.16	0.22	0.30	0.39	0.50	0.62
4.5	0.19	0.10	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.09	0.14	0.20	0.27	0.35	0.46	0.57
5.0	0.22	0.13	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.17	0.24	0.32	0.42	0.53

α：使用段階の消費エネルギー改善率／年

P：製造・廃棄エネルギー／使用段階の年間消費エネルギー

(b)代表製品のマッピング

P\α	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
0.5	0.00	0.01	0.04	0.07	0.12	0.17	0.23	0.29	0.37	0.45	0.54	0.65	0.76	0.89	1.03	1.18
1.0	0.01	0.00	0.01	0.03	0.07	0.11	0.15	0.21	0.28	0.35	0.44	0.53	0.64	0.76	0.89	1.04
1.5	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.16	0.22	0.28	0.36	0.45	0.55	0.67	0.79	0.94
2.0	0.05	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.12	0.17	0.23	0.31	0.39	0.48	0.59	0.71	0.85
2.5	0.07	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.09	0.14	0.19	0.26	0.34	0.43	0.53	0.65	0.78
3.0	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.16	0.22	0.29	0.38	0.48	0.59	0.72
3.5	0.13	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08	0.13	0.19	0.26	0.34	0.43	0.54	0.67
4.0	0.16	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.07	0.11	0.16	0.22	0.30	0.39	0.50	0.62
4.5	0.19	0.10	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.09	0.14	0.20	0.27	0.35	0.46	0.57
5.0	0.22	0.13	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.17	0.24	0.32	0.42	0.53

α：使用段階の消費エネルギー改善率／年

P：製造・廃棄エネルギー／使用段階の年間消費エネルギー

4.5 省エネルギー設計へのガイドライン

通常、製品のエネルギー消費に関しては、LCA の考え方に基づいて集計することが多い。しかし、この方法は、あくまでも製品 1 台に関するライフサイクルについて集計するものであり、製品寿命および技術開発による効率改善の視点は盛り込まれていない。今回検討したような買い替えの行われる製品では、1 台あたりよりも年平均が全体の消費エネルギーに相当するので、個人の年平均のエネルギー消費量、また社会全体のエネルギー消費量を考える場合、こちらの方法で計算するのが適切である。

上記の結果に基づいて、個別製品の省エネルギー設計を考えると、これまでの検討の結果、以下を行うことが適切であることがわかる。

(a) 最適更新年数に基づく設計寿命の最適化

各製品では、その特性に応じて表 4.4.1 に示す最適更新年数が求められる。

現状の製品の平均的な更新年数がこの年数を超えている場合、製品の設計寿命を短縮することが好ましい。一般に製品の設計寿命を短縮すると、各部品の寿命を短縮できることになり、

これは通常、使用段階の年間消費エネルギーに対する製造・廃棄段階の消費エネルギーの比Pの削減に繋がる。この結果、表で示すとおりさらに最適更新年数が短くなり、省エネルギー効果が上がることになる。設計段階でこれを繰り返すと、最適化をすることができる。

また逆に現状の製品の平均的な更新年数がこの年数に達していない場合、製品の設計寿命を延ばすのが好ましい。ただし、通常設計寿命を延ばすと使用段階の年間消費エネルギーに対する製造・廃棄段階の消費エネルギーの比Pが増加してしまうので、大きな効果は望めない。場合によっては効果が下がってしまう可能性もある。

(b) 省エネルギー設計のための施策

平均更新年数が一定として省エネルギーを図るには、表 4.3.1 から読み取れるように、使用段階の消費エネルギー改善率 α を向上させる方法と、使用段階の消費エネルギーに対する製造・廃棄段階の消費エネルギーの比率Pを削減する方法がある。この表の場所によって多少違いはあるが、おおむね、 α を2%向上させることと、Pを1.0下げることにほぼ同様の効果がある。そこで、現状の製品でこれらの改善を両立させることが困難な場合、この比率に基づいて最適な改善案を選択することができる。

4.6 結論

以上の試算および考察により、以下の結論が得られた。

- (1) 使用段階の消費エネルギーの改善率 α 、使用段階の消費エネルギーに対する製造・廃棄段階の消費エネルギーの比率Pをパラメータとして、更新年数の違いによる消費エネルギーの差を計算できることがわかった。
- (2) また同様に、最適な更新年数が存在することがわかった。
- (3) 最適な更新年数は、 α が大きいほど、またPが小さいほど短く、逆の場合、長いことがわかった。
- (4) これらの定式化により製品の省エネルギー化設計の指針を得ることができた。

5. 家電製品のインバース・マニュファクチャリングがもたらす雇用効果

5. 1 避けられない生産の海外流出

消費低迷に伴う生産数量の激減や中国を中心とした生産工場の海外流出など、家電製品を対象とする国内の製造業は、極めて先行き不透明な状況にある。特に、生産工場の海外流出に伴う国内の空洞化は、今後の日本経済に大きな影響をあたえる。

現在、中国の製造業における1人当りの人件費は131ドル/月であり、日本の人件費の3288ドル/月に対して、実に1/25程度にある。人手による作業が主流である家電製品の組立工程にとって、安い人件費による中国での生産は、魅力的であることはいままでもない。また、ここ数年来の生産の実績は、工場全体の習熟を飛躍的に高め、安定した高品質を生み出している。もはや、安かろう、悪かろうという時代は終わりを告げ、中国での生産展開は基幹工場としての役割を確たるものとしている。中国での生産展開は、これらの背景に加え、人口13億人という巨大な中国の市場の上にとまっているということも見逃せない要因である。市場に密着した生産展開を行うことは、市場の動向に敏速に対応した生産数の確保や在庫の管理などが可能になるという利点があるからである。

家電製品は、中国以外にもマレーシア、タイをはじめとする地域での生産が行われているが、これらをあわせると、海外生産比率は、図5.1.1の通り、高い値を示すことがわかる。特に、カラーテレビの海外生産比率は91.7%と高く、10年前の57.5%に比べると34.2ポイントも上昇している。以下、主な家電製品の海外生産比率は、ビデオ79.4%、電子レンジ79.0%、冷蔵庫50.5%、洗濯機47.3%と続き、軒並み50%を超えている状況にある。また、10年前の海外生産比率と比べると、ビデオ+63.7ポイント（10年前の海外生産比率15.7%以下、カッコン同様）、電子レンジ+29.4ポイント（49.6%）、冷蔵庫+20.8ポイント（29.7%）、洗濯機+37.8ポイント（9.5%）と急速な上昇を見せている。[1]

自動車なども含めた製造業全体の海外生産比率は14.5%であるが、それぞれの比率は1997年～99年に基づいたもので、現時点では、更に高い値を示していることが予想される。

一方、海外生産比率の高まりに連動するように、国内の製造業を中心とした雇用は急速に落ち込んでいる。

図5.1.2に示す通り、完全失業率は、1991年（平成3年）の2.1%から急速に高まり、1999年（平成11年）には4.7%と過去最高水準を記録した。[2]

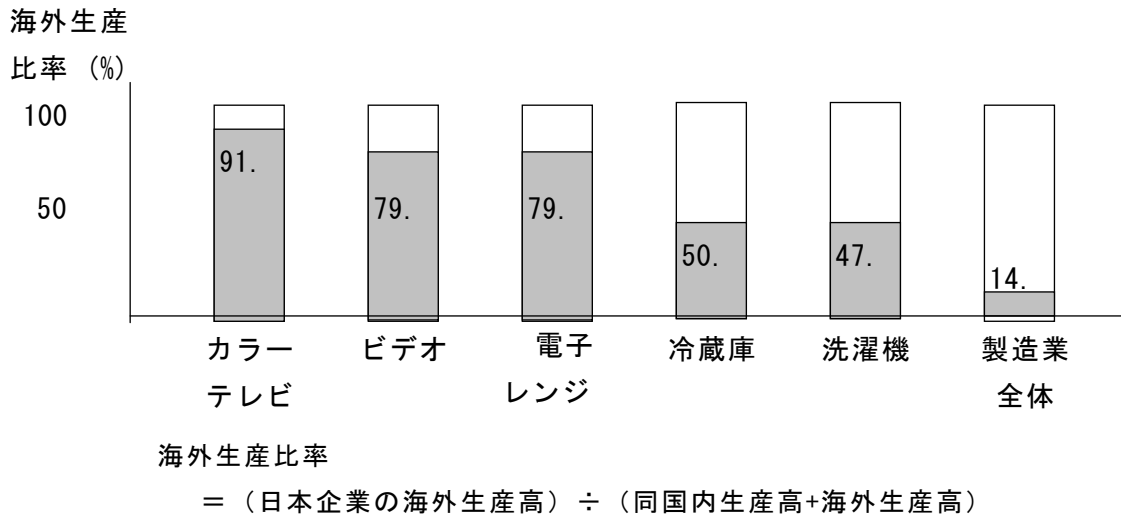


図 5.1.1 主な家電製品の海外生産比率

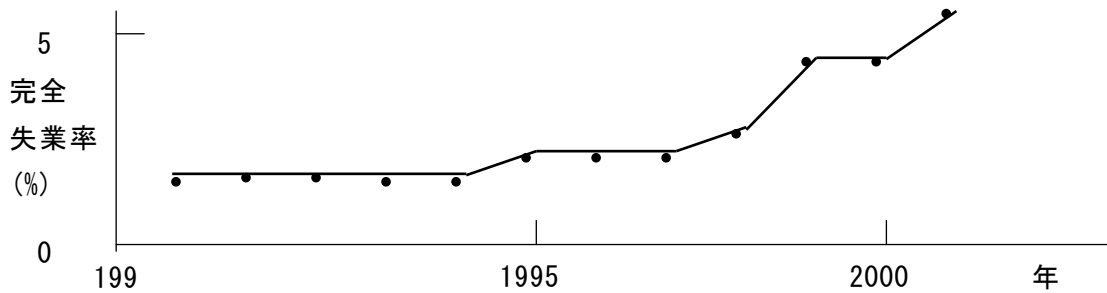


図 5.1.2 完全失業率

更に、総務省の労働力調査での完全失業率の推移で見ると、最新の 2002 年（平成 14 年）2 月の完全失業率は、これより高い水準となり、1 月と同様、5.3%となり、完全失業者数では、356 万人となった。また、就業者数は 6248 万人であるが、なかでも製造業は前年同月比で 81 万人減と厳しさが際立っている。

このような状況のなか、国内の製造業は、今後も続くであろう生産の海外流出と失われた雇用を補うべく、あらたなモノづくり産業の創出と、そのしくみづくりが求められている。

5. 2 生産からリサイクルまでのフローが変化する

図 5.2.1 に示す通り、現在の生産・リサイクル体制では、部品・材料をメーカーが下請け会社から購買し、それを組み立て、販社を通じて販売する。家電メーカーの組立工場や部品メーカーの工場などは、中国や東南アジアを中心とした海外に立地しており、家電製品の多くが海外で生産されている。

現在の生産体制が続く場合、新製品の設計については、日本で行われるが、製造段階においては海外へ移転し、産業の空洞化が生じる。この結果として、一部の先端的な製品および技術

の開発、設計と生産は日本国内に残ると考えられるが、大部分の家電製品は海外からの調達に移行し、営業サービスが国内での中心業務となってくる。廃棄・リサイクル段階では、ほとんどが小売店を通じて回収され、家電リサイクル工場でマテリアルリサイクルもしくは高炉の燃料としてサーマルリサイクルされている。また一部は中古市場に流れている。

現在のリサイクル体制では、鉄や銅、アルミなどの有価物については、業者に引き取られ、再び材料として使用されているが、異物が混入しているなどの問題もあり、低品位の材料として再利用されているのが現状である。また生産は海外で行われる一方で、廃棄物については、日本国内に残るというジレンマがある。

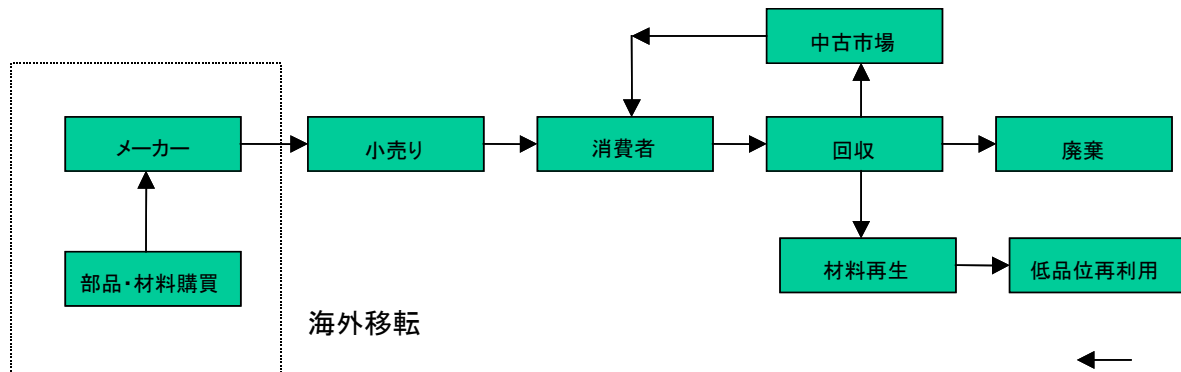


図 5.2.1 現在の生産・リサイクル体制

図 5.2.2 に示す通り、インバース・マニュファクチャリング型システムの場合、販売・使用にあたってはリース・レンタルという利用方法が考えられる。製造段階では、一部の部品・材料購買や組立は海外で行われるが、部品の一部を回収した使用済み製品の部品から調達するため、国内での部品調達や組立が行われることになり、海外からの雇用シフトが考えられる。

廃棄・リサイクルの段階においても、部品リユースを行うため、低品位でのマテリアルリサイクルやサーマルリサイクルではなく、リサイクルの難しいプラスチック類についても、洗浄や塗装を行うことで、再び部品として活用することが出来る。使用段階で、保守・メンテナンスが提供されることで、製品および部品の管理を行い、部品のリユースを実施しやすくなる事が出来る。

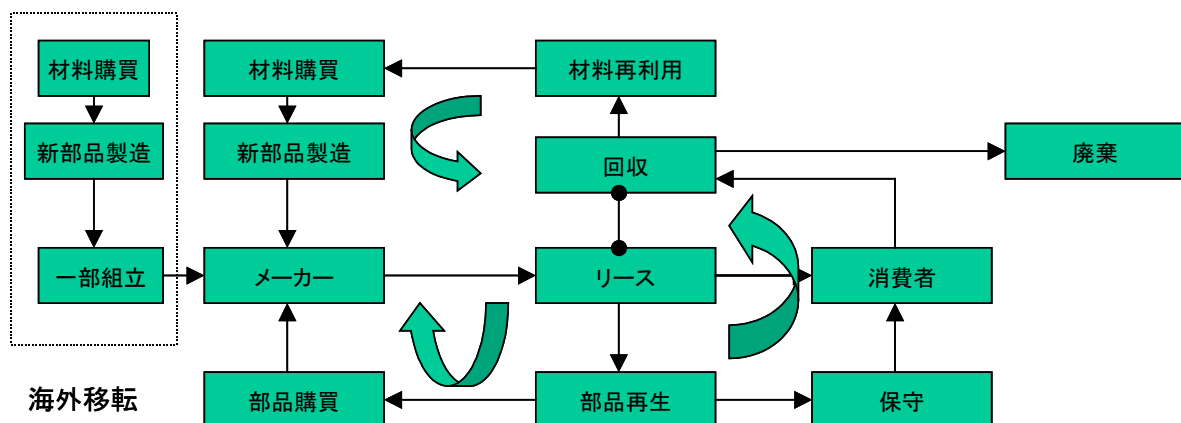


図 5.2.2 インバース・マニュファクチャリング型生産・リサイクル体制

また部品リユースが行われることで、組立メーカーが回収した部品を部品メーカーに搬送し、修復・補修して再度組立メーカーに戻すといった機能が生じることが考えられる。同時に、組立メーカーでも、リサイクル工程における部品分解や部品検査、修復の機能が必要不可欠となる。このような機能については、必ずしも機械化で対応できるものではなく、最終的には人の手によることになる。

インバース・マニュファクチャリング型のリサイクル体制においても、部品リユースできないものについては、既存システムと同様に、低品位資源としてマテリアル、サーマルリサイクルされることになる。

流通段階でも、大きな変化が生じると考えられる。特に IM 型製品の提供がリース・レンタルによって提供される場合、債権の証券化も含めて金融機能、インターネットを通じた販売機能などの機能が生じる可能性がある。また使用段階では、メンテナンス機能、ネットワーク化による個別機器の寿命管理機能、使用量に応じた課金機能、利用者からの製品返却に伴う輸送機能などが、流通・使用段階で追加的に生じてくる機能であると考えられる。

IM 型製品がリース・レンタルモデルによって提供される場合を考えたとき、メーカー側にとっては、個別機器の使用状況を管理し、返却機器の安定的な確保とリユース部品の計画的な出荷が可能となる。同時に利用者の置き換え時期が決まっているため、販売量が予測でき、計画的な生産が可能ことから、既存の買い取りシステムと比べて、在庫を一定的に低減することができる。また通常、家電メーカーは補修用部品を法律で定められた期間保有する義務があり、保守部品として余分に製造・保有している。これら在庫は、企業にとって大きな負担となっているが、IM 型製品であれば、回収した製品から補修用部品を収集することができ、在庫負担を軽減することが可能である。

5. 3 新たなビジネスが創出

5. 3. 1 1次ビジネス分野

インバース・マニュファクチャリングによるあらたなライフサイクルフローをもとに、家電のリユース・リサイクルシステムに直接的に関連して創出される1次新規ビジネスの抽出を行った。

①製品保証ビジネス：

対利用者ではなく、対メーカーを対象にした保険サービスである。部品リユースについては、各メーカーで検査・再生作業を行って新たに製品に取り付けられるわけであるが、これを保証し、何かトラブルがあった場合、金銭的な問題を解決する。また保険という形ではなく、JIS規格のように、メーカーが行う検査・再生作業を保証し、利用者の信頼を確保するという制度的なものも考えられる。

②ホーム・ソリューション（マネジメント）ビジネス：

個々の家電だけではなく、家全体の家電を統合し、迅速的な保守・修理を可能とし、賃貸住宅であれば、住宅の管理業務を併せて行う。

③物流ビジネス：

回収と運搬の際には必須のもので、利用者～メーカー間はもちろんのこと、組立メーカー～部品メーカー間、場合によっては部品メーカー～素材メーカー間の物流というものも考えられる。

④金融・証券化ビジネス：

リース・レンタル型の利用方法であれば、リース物件の金融・証券化を行うことが可能となり、資金調達的手法として発達する可能性がある。

⑤地域サービスビジネス：

現在の小売り販売店、特にメーカー系列の販売店について、地域密着型のサービスステーション化が図られる。販売においては、インターネットを通じたものが主流となるため、消耗品の補充や定期的なメンテナンス、修理対応、また提供されるサービスの一部代行も考えられる。地域密着により、見知らぬ人間が自宅内に入ることに抵抗感のある人でも、それがやわらぐと考えられる。

⑥課金システムや家電の使用情報管理等に伴う作業：

かなり細かくなるが、インバース・マニュファクチャリング型のリユース・リサイクルシステムを導入することで必要になると考えられるシステムの構築やそれに伴う事務的な作業による一時的な雇用の創出が考えられる。ただし、一度システム化されると、インターネットを介したコンピュータによる管理が行われると想定され、雇用としては、逆に事務作業の減少として考える必要がある。

⑦製品（廃棄物）の追跡管理ビジネス：

使用期間終了後、回収され工場に戻されるまでの工程を追跡管理するビジネスである。インバース・マニュファクチャリング型のリユース・リサイクルシステムの場合、家電リサイクル法のように、マニフェスト管理を行うわけではないので、何らかの原因で、最終的な工場まで製品がたどり着かない場合も想定される。このような事態を避けるためにも、拡大製造責任への対応、利用者へのアピールという意味でも、徹底した管理が求められる。

5. 3. 2 2次ビジネス分野

IM型システムによって直接的に創出される新規ビジネスとIM型システムが有効に機能するために必要不可欠なネットワークインフラを利用したネットワーク家電によって創出される2次的新規ビジネス分野についても検討を行った。IM型製品による直接的な影響ではないが、その導入が引き金となって派生すると考えられるコラボレーション型のネットワークビジネスの抽出を行った。

① ホームセキュリティビジネス：

現在でもセコムなどの民間企業を中心として見られるビジネスであるが、家電がネットワーク化されることで、より低コストで実現することが可能になり、普及が促進すると思われる分野である。特に、高齢化の進展によって、高齢者の単身世帯が増加傾向にある中で、需要とし

ては高いと考えられる。またセキュリティサービスの一環として、高齢者のヘルスマネジメントサービスを同時に提供することも可能である。

②金融・地域情報サービスビジネス：

テレビなどがパソコンのように情報端末化されることで、より簡単に情報提供を行うことができる。テレビの設定で、金融情報や地域の情報を常にティッカーのように流しておいたりすることも可能となる。テレビだけでなく、冷蔵庫に液晶ディスプレイを設置し、食材購入の窓口とすることで、そこに地域のスーパーなどの安売り情報などを流し、利用者の利便性を向上することができる。

③物販サービスビジネス：

情報を提供するだけでなく、実際にインターネットを介した物販も考えられる。冷蔵庫による電子商取引は上でも述べている通りであるし、テレビ上でも当然のことながらサービス提供することは可能である。物販サービスとともに、需要が高いのは、物流サービスで、買ったものを自宅まで届けてくれるサービスというものは、主婦層を中心として、ニーズが高い。

④広告・マーケティングビジネス：

家電がネットワーク化されることで、利用者がどのように家電を利用しているのか、また広告や購入サイトにアクセスするパターンを分析し、より効果的な広告提供が可能になる。こういった広告効果の分析などは、インターネット上での Cookie による広告などでも行われているが、インターネットの場合、「ながら」タイプの利用者が多く、正確な趣味関心を反映しているとは必ずしも言えない場合がある。これに対し、家電機器の場合は、必要なときにその機能やサービスを利用することになり、より実態に則した形でのマーケティングを行うことができる。

5. 4 成長率、労働生産性の上昇率から雇用を算出

新規ビジネス分野をもとに、IM型製品の導入による雇用創出効果を、国民経済計算年報を用いて試算を行った。

前記では、IM型製品によって、直接的な1次ビジネス分野および間接的な2次ビジネス分野を検討を行った。しかし雇用を考える場合、新規ビジネスのみならず、既存の産業分野における影響を検討する必要がある。

表 5.4.1 では、国民経済計算の分類に従い、全産業を三つの群に区分けした。ここで産業群 A では、IM型製品の導入により、直接的に影響を受けると考えられる産業を、産業群 B では、IM型製品の導入により、間接的ではあるが影響を受けると想定される産業を、そして産業群 C では、IM型製品の導入によってあまり影響を受けない、もしくは導入により規模が縮小すると想定される産業を記している。

表 5.4.1 産業群の分類

産業群 A : インバース型製品の導入により、直接的に大きな影響を受けると想定される産業	
産業	製造業（電気機械）：生産の国内移転とモジュール化による雇用増加
	運輸・通信業：運搬業務の増大
	サービス業（情報サービス）：家電のネットワーク化とシステム構築
産業群 B : インバース型製品の導入により、間接的ではあるが影響を受けると想定される産業	
産業	電気・ガス・水道業：ハウスマネジメント業務への進出、インフラの提供
	金融・保険業：リース業務、保険業務等の拡大
	サービス業（医療・保健・社会福祉）：高齢者層へのサービス展開
産業群 C : インバース型製品の導入によっても、あまり影響を受けない、もしくは規模が縮小すると想定される産業	
産業	農林水産業
	鉱業
	製造業（除く電気機械）：部品リユースにより、素材部門の一部では縮小
	卸売・小売業：インターネット販売およびリース型販売による縮小
	サービス業（除く情報サービス、医療・保健・社会福祉）
	建設業
	不動産業

表 5.4.2 は 2000 年までの産業別の国内総生産額（実質：1995 年基準）の推移を示しており、表 5.4.3 では、1980 年から 1999 年までの 5 年ごとの成長率を示している。

表 5.4.1 で示した産業群 A について見てみると、製造業（電気機械）は、80 年から 99 年の間に、年率で約 14% と驚異的な成長を示している。運輸・通信については、同じ期間で約 3.5%、サービス業（情報サービス）では¹、約 8% 程度となっている。そして表 5.4.1 では、1996 年から 2000 年にかけての主要な産業別の労働生産性（指数：1996 年を 1）の推移を示している。ここからも分かるように、全産業での労働生産性があまり上がっていないのに対し、製造業（電気機械）については、大幅に生産性が向上している。なお、サービス業や卸売・小売業については、96 年に比べて、労働生産性が低下している。

表 5.4.4 では、産業別の雇用者数について、1996 年から 2000 年の 5 年間の推移を示している。以上の数値を元に、産業群ごとに IM 型製品を導入した場合の成長率および労働生産性の上昇率を推定した。

まず産業群 A については、IM 型製品の導入により高い成長率が見込まれることから各々 10% 以上の成長率を想定した。電気機械については、ここ 20 年間も高い成長が続いていることから、インバース・マニファクチャリングによって、生産が国内へ移転され（すなわち国内需要の増加）、さらに低価格だけでなく、高付加価値の機種を開発することを見込み、15% の成長率を想定した。

運輸・通信については、従来、10% 以上の成長は示していないが、IM 型製品によって、定期

¹ ここで、情報サービスとは、総務省「情報通信白書」の中で定義された、情報通信産業の中で、情報通信サービス・情報ソフト・ソフトウェア（コンピュータ用）と情報関連サービス・情報提供および処理サービスのことを指している。

的な商品の輸送ならびに短期間でそれが発生することから、少し多めの値を推定し、10%の成長率とした。また情報サービス業については、IM型製品の導入に関係なく、伸びていく産業と考えられるが、さらに加速的な成長を見込み、15%を想定した。

産業群Bについては、副次的な効果が強いため、一律5%の成長率を見込んだ。電気・ガス・水道などの公共サービスについても、電力自由化に代表されるように、サービス化が進むと考えられ、通常よりもやや高めの設定とした。医療・福祉分野は、規制緩和により大きく発展する産業として捉えられており、生活に密着した家電が情報端末となることで、更なる発展が見込まれる。金融・保険業については、ここ20年間でも約5%の成長となっており、産業自体の不透明感はあるものの、今後も一定の成長を示すものと思われる。

産業群Cについては、IM型製品の導入によって、部品リユースが進展することで、一部の素材メーカーが影響を受けると思われる製造業、ならびにインターネット販売などによる流通再編が行われることで大きな影響を受ける卸売・小売業については、マイナスの成長率を想定した。また情報サービスなどを除くサービス業については、他の産業とのコラボレーションビジネスの進展が考えられることから、若干の成長を見込んだ。その他の産業については、IM型製品の導入によって成長に影響を与えることはないとは仮定した。

表 5.4.2 経済活動別国内総生産（実質）

（単位：十億円）（1995年基準）

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
1. 産業	482,236.5	493,471.6	487,048.8	490,199.2	501,925.2
(1) 農林水産業	9,567.8	8,974.7	8,697.8	8,208.0	8,280.0
a. 農業	7,298.2	6,988.5	6,878.2	6,606.4	6,687.7
b. 林業	731.3	564.8	642.3	414.2	449.5
c. 水産業	1,538.4	1,421.4	1,177.3	1,187.5	1,142.8
(2) 鉱業	921.9	882.7	837.3	835.5	892.3
(3) 製造業	119,518.9	123,564.4	116,245.6	118,189.9	124,744.0
a. 食料品	12,570.7	12,540.1	12,097.7	11,604.1	12,539.7
b. 繊維	1,415.3	1,379.2	1,207.7	1,109.6	1,076.5
c. パルプ・紙	3,345.4	3,328.7	3,294.6	3,186.9	3,296.5
d. 化学	10,247.3	10,529.5	9,972.6	10,652.0	10,151.3
e. 石油・石炭製品	6,116.3	6,511.1	6,033.6	5,735.0	5,699.2
f. 窯業・土石製品	4,557.1	4,572.3	4,144.8	3,906.0	4,111.7
g. 一次金属	8,474.0	8,765.8	7,352.7	7,218.4	8,031.7
h. 金属製品	6,868.7	6,911.2	6,366.2	6,032.3	5,908.1
i. 一般機械	11,752.5	11,938.1	10,879.0	10,227.3	10,795.6
j. 電気機械	22,526.3	25,856.7	24,634.4	27,963.3	32,693.3
k. 輸送用機械	10,729.0	10,253.4	10,297.8	11,477.5	11,753.6
l. 精密機械	1,659.5	1,714.5	1,765.9	1,696.8	1,729.3
m. その他の製造業	19,256.6	19,263.6	18,198.9	17,380.8	16,957.6
(4) 建設業	40,578.2	39,931.8	38,451.5	37,549.1	36,597.6
(5) 電気・ガス・水道業	14,374.4	14,441.0	14,898.4	15,081.8	15,533.2
a. 電気業	10,029.3	10,177.8	10,680.2	10,782.5	11,005.3
b. ガス・水道・熱供給業	4,345.1	4,263.2	4,218.2	4,299.3	4,527.9
(6) 卸売・小売業	78,576.3	80,869.7	78,381.7	74,959.9	74,085.4
a. 卸売業	48,098.4	51,361.5	50,515.4	47,352.8	45,771.0
b. 小売業	30,477.9	29,508.3	27,866.2	27,607.2	28,314.4
(7) 金融・保険業	28,827.7	30,234.8	29,880.8	33,993.5	33,479.9
(8) 不動産業	60,995.7	61,969.1	62,416.7	63,452.7	64,809.1
a. 住宅賃貸業	51,276.4	52,099.4	52,559.4	53,449.4	54,515.5
b. その他の不動産業	9,719.3	9,869.6	9,857.3	10,003.3	10,293.6
(9) 運輸・通信業	35,614.8	37,295.1	38,193.4	37,544.4	39,124.1
a. 運輸業	25,292.6	24,884.2	23,827.9	23,343.2	23,581.6
b. 通信業	10,322.2	12,410.9	14,365.6	14,201.2	15,542.4
(10) サービス業	93,260.7	95,308.3	99,045.6	100,384.3	104,379.8
a. 公共サービス	19,418.6	20,329.3	21,115.2	22,000.8	23,526.0
b. 対事業所サービス	36,506.2	37,422.0	40,115.7	40,348.2	42,349.7
c. 対個人サービス	37,336.0	37,557.0	37,814.8	38,035.3	38,504.1
2. 政府サービス生産者	42,588.2	43,404.9	44,278.6	45,855.2	47,346.8
(1) 電気・ガス・水道業	3,995.4	4,209.4	4,482.6	4,862.7	5,199.7
(2) サービス業	13,549.1	13,642.5	13,734.4	14,014.7	14,100.2
(3) 公務	25,043.7	25,552.9	26,061.6	26,977.8	28,046.9
3. 対家計民間非営利サービス生産者	8,991.7	8,971.1	9,708.9	9,702.1	9,199.9
(1) 教育	4,438.4	4,422.6	4,456.3	4,541.4	4,631.8
(2) その他	4,553.3	4,548.6	5,252.6	5,160.6	4,568.2
小計	533,816.4	545,847.6	541,036.2	545,756.5	558,471.9
輸入品に課される税・関税	2,716.1	2,666.5	2,598.6	2,740.4	2,744.3
(控除) 総資本形成に係る消費税	2,017.7	2,274.9	2,111.1	1,986.1	2,168.2
(控除) 帰属利子	23,475.2	25,169.9	25,482.2	26,159.1	25,101.8
国内総生産（不突合を含まず）	511,039.6	521,069.3	516,041.6	520,351.8	533,946.2
統計上の不突合	3,812.7	3,052.5	2,316.1	1,475.2	202.0
国内総生産（不突合を含む）	514,852.3	524,121.8	518,357.7	521,826.9	534,148.2

出所：内閣府「国民経済計算」

表 5.4.3 経済活動別経済成長率の推移

(年率、%)

	80-84年	85-89年	90-94年	95-99年
国内総生産	3.1	4.5	2.2	1.3
全産業	3.5	5.1	2.2	1.4
農林水産業	0.8	0.6	-1.3	-3.6
鉱業	-1.2	-4.5	-0.8	-1.2
製造業	4.0	5.1	1.1	1.3
電気機械	21.5	16.7	7.1	10.0
非製造業	3.5	5.3	2.8	1.6
建設業	-1.6	6.9	2.9	-3.2
電気・ガス・水道業	5.3	2.6	3.5	3.0
卸売・小売業	4.4	5.4	2.6	1.2
金融・保険業	5.5	11.9	-0.4	2.8
不動産業	3.2	4.9	3.5	1.4
運輸・通信業	4.7	5.0	1.3	2.9
サービス業	5.1	3.1	4.4	3.0

注：ここで非製造業は、農林水産業、鉱業及び製造業を除く全産業。

出所：表 5.4.2 に同じ（80～94 年は 68SNA ベース、95～99 年は 93SNA ベース）

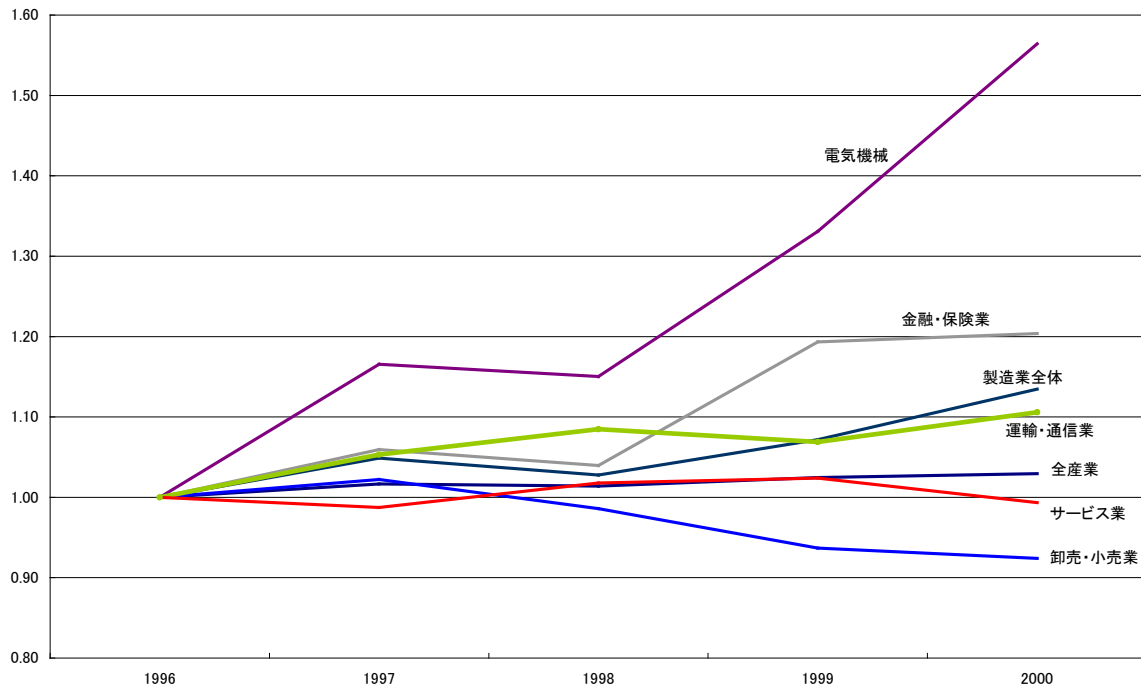


図 5.4.1 経済活動別労働生産性（指数：1996年＝1）の推移

出所：表 5.4.2 および 5.4.4 より DRI 作成

表 5.4.4 経済活動別の雇用者数

(単位:万人)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
1. 産業	5085.1	5118.8	5064.9	5045.0	5141.9
(1) 農林水産業	82.9	78.5	75.4	75.7	77.3
(2) 鉱業	8.0	7.8	7.7	7.5	7.4
(3) 製造業	1259.2	1241.3	1191.7	1161.8	1158.4
a. 食料品	155.7	154.4	150.8	148.8	151.2
b. 繊維	31.7	30.7	28.6	27.4	24.6
c. パルプ・紙	33.7	32.9	31.3	30.5	31.0
d. 化学	46.7	47.1	46.1	46.1	47.1
e. 石油・石炭製品	4.1	4.1	4.0	3.9	3.9
f. 窯業・土石製品	48.3	48.0	45.8	44.7	45.6
g. 一次金属	55.2	53.4	49.7	47.7	47.4
h. 金属製品	98.7	96.9	92.7	89.5	89.0
i. 一般機械	145.2	144.2	139.8	136.8	136.1
j. 電気機械	210.8	207.6	200.4	196.6	195.6
k. 輸送用機械	108.9	108.3	104.4	102.2	101.6
l. 精密機械	23.5	23.8	23.0	22.1	22.0
m. その他の製造業	296.5	290.1	275.1	265.6	263.3
(4) 建設業	584.1	587.8	570.0	565.8	558.1
(5) 電気・ガス・水道業	44.5	44.2	44.0	43.6	43.4
(6) 卸売・小売業	1029.1	1036.2	1041.2	1047.8	1050.0
(7) 金融・保険業	201.3	199.3	200.7	198.9	194.2
(8) 不動産業	66.2	65.6	66.1	65.4	63.7
(9) 運輸・通信業	369.7	367.6	365.5	364.6	367.3
(10) サービス業	1440.0	1490.4	1502.5	1513.7	1622.2
2. 政府サービス生産者	363.4	363.3	365.4	364.2	362.4
(1) 電気・ガス・水道業	13.5	13.5	13.5	13.5	13.4
(2) サービス業	136.8	135.6	134.4	133.0	131.7
(3) 公務	213.0	214.2	217.5	217.8	217.3
3. 対家計民間非営利サービス生産者	143.0	143.0	143.1	143.2	96.2
(1) サービス業	143.0	143.0	143.1	143.2	96.2
合計	5591.5	5625.1	5573.4	5552.4	5600.6

出所：表 5.4.2 に同じ

表 5 . 4 . 5

]

表 5.4.6 1次、2次ビジネス分野における雇用創出効果

産業群	産業名	1次ビジネス分野 雇用者増減（万人）	2次ビジネス分野 雇用者増減（万人）
A	製造（電気機械）	13.7	
	運輸・通信	29.4	
	情報サービス		8.1
	合計	43.1	8.1
B	電気・ガス・水道業	1.3	
	金融・保険	3.9	
	医療・保健・社会福祉		16.5
	合計	5.2	16.5
C	農林水産	0	
	鉱業	0	
	製造（除く電気機械）	-24.1	
	卸売・小売		-42.0
	サービス	5.6	
	建設	0	
	不動産	0	
	合計	-18.5	-42.0
	産業（合計）	29.8	-17.4

5.5 新たに 29.8 万人の雇用者数が創出

表 5.4.5 は、産業群ごとの成長率および労働生産性の上昇率の推定から算出した雇用創出効果である。更に、表 5.4.6 は、インバース・マニュファクチャリングによって直接的に関連して創出される 1 次ビジネス分野と間接的に創出される 2 次ビジネス分野とに分類した雇用創出効果である。

1 次ビジネス分野では、電気機械などの製造業や運輸・通信を中心に、新たに 29.8 万人の雇用者数が創出される。

一方、2 次ビジネス分野は、逆に -17.4 万人の雇用者数が失われる。したがって、1 次ビジネス分野とあわせた総雇用者数は、12.4 万人の増加となる。ただし、2 次ビジネス分野は、必ずしもインバース・マニュファクチャリングによるものではなく、情報化による必然的な産業のシフトと考えてよく、ここでは議論の対象としない。

1 次ビジネス分野での新たな 29.8 万人の雇用者数は、国内の就業者数の約 0.5% であり、また、完全失業者数の約 8.4% に相当する。この数値を少ないとするか、多いとするかは、個々の判断にまかせたい。しかし、今後も続くであろう生産の海外流出と失われた雇用を考えれば、決して悲観的な数値でないことはたしかである。また、新たな領域での製造分野の開拓により、モノづくりにおける知識の継承をしていくことも可能である。同時に、単にもの売るだけではなく、機能やサービスを売るといった、日本が不得意としていたソフト産業への転換への足

がかりにもなり、数値では表せない効果をもたらすことはまちがいない。

これまでに、インバース・マニュファクチャリングは、主に環境負荷低減の立場から論じられてきたが、少なからず経済的な側面からもプラスの影響をもたらすことが明らかになった意義は大きい。

本検討は、株式会社ドウリサーチ研究所へ委託しました検討結果をもとにまとめました。本文をかりて、株式会社ドウリサーチ研究所 西尾治一氏、茂木友貴氏へ、お礼を申し上げます。

参考文献

- [1]週刊ダイヤモンド1月12日号,ダイヤモンド社,(2001),pp30-32
- [2]2001年版製造基盤白書,経済産業省,厚生労働省,文部科学省,(2001),pp33-47
- [3]インバース型システムのインパクト調査—社会的影響調査—報告書,株式会社ドウリサーチ研究所,(2002)

6. 市民生活への影響

6. 1 はじめに

本章では、インバース・マニュファクチャリングにより可能となる“迅速循環”が市民生活に及ぼす影響について検討を行う。

前章までに、使用段階での省エネ化が非常に進んでいる製品については、買い替えによりエネルギー効率の良い製品を使用する方が、CO2削減に効果があることが明らかになった。しかしながらまだ使用できる製品を買い替えることへの抵抗感、負担する金額などの問題も予想されることから、ここではエネルギー効率の高い新製品の使用を無理なく進めるための新たなビジネスモデルとして、サービス提供型ビジネスを提案する。また、利用者の環境意識やコスト意識などについて行ったアンケート調査に基づき、サービス提供型ビジネスの受容性についても検討した。

6. 2 アンケートによる利用者意識調査

まずサービス提供型ビジネスの詳細な議論に先立ち、本研究で実施したアンケート調査結果について述べる。

アンケート調査では、関東圏を対象とした一般市民へのアンケート調査を行い、現状における家電の利用方法や家電の廃棄費用負担、サービス提供型モデルの利用意向等に関する質問を設け、サービス提供型ビジネスの受容性のバックデータとして利用した。以下にその結果を示す。

(A) 基本属性について

アンケート回答者の基本属性は以下の通りである。

- ・ 性別：男性 500 人 女性 500 人 計 1,000 人
- ・ 年齢：18～20 歳代、30 歳代、40 歳代、50 歳代、60 歳代 各 200 人
- ・ 職業：職業については、一番多かったのが主婦で、次に会社員となっている。また男女別では、男性は会社員、女性は主婦の割合が高い。
- ・ 環境意識について（図 6.2.1）：環境意識については、全体の 90%近くが「関心がある」との回答であった。特に 60 代以上の年代では 50%以上が大いに関心があると答えている。逆に 20 代では、その割合は 25%程度となり、「関心がある」の割合も約 70%と若干低くなっている。
- ・ また環境配慮型製品については約 60%の人が買うと答えている。その際のコストとしては、ほとんどの人が同程度、もしくは高くても 10%までと考えている。したがって環境というファクターに対して支払う許容範囲としては高くても製品の 10%程度と考える必要がある（図 6.2.2）。

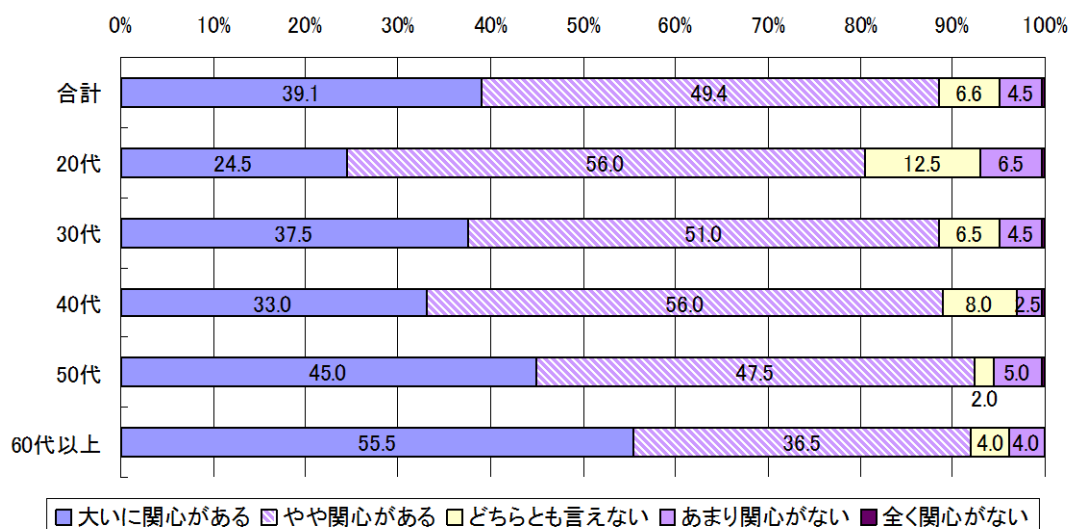


図 6.2.1 環境に対する関心（年代別）

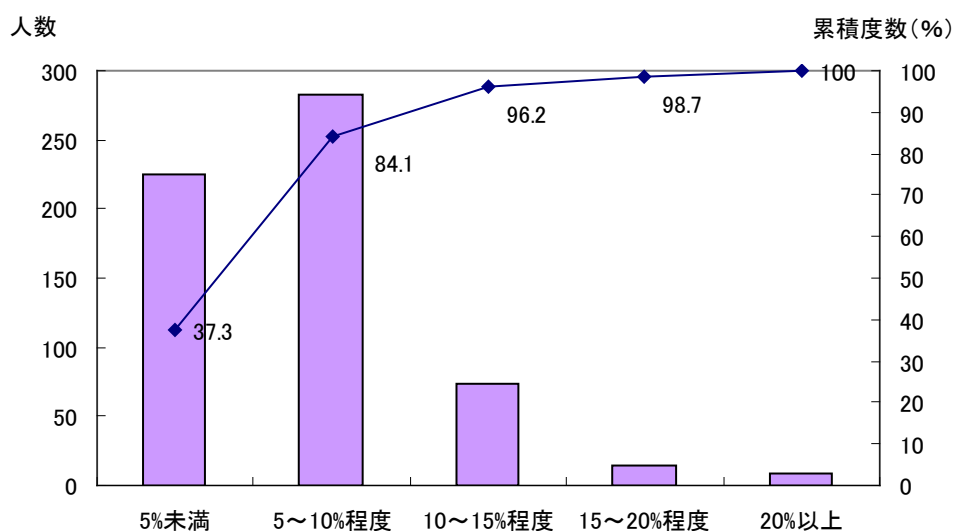


図 6.2.2 環境配慮型製品に対する支払いの許容範囲

(B) 家電製品の利用について

現在における家電製品の利用についての設問項目を設けた。

家電を購入する際に重視するポイントとしては、まず機能（61.8%）で、次に価格（30.3%）となっている。年代別に見ると、年代が低下するにしたがって、機能よりも価格を重視する割合が高くなっている。50代以上になると、アフターサービスの割合が高くなっており、50代では6.5%、60代以上では8.0%となっている（表 6.2.1）。

表 6.2.1 家電を購入時に重視するポイント（年代別）

(単位:%)

	合計	価格	機能	スタイル	ブランド	アフター・サービス	その他
合計	100	30.3	61.8	1.1	3.0	3.6	0.2
20代	100	38.0	55.5	1.5	4.5	0.5	0.0
30代	100	34.0	59.5	2.0	3.5	1.0	0.0
40代	100	27.5	66.5	1.0	3.0	2.0	0.0
50代	100	26.0	65.0	1.0	1.5	6.5	0.0
60代以上	100	26.0	62.5	0.0	2.5	8.0	1.0

また家電の買い替えについては、ほとんどが故障によるもの（92.7%）で、故障しない限り、ほとんどが買い替えないというのが実態と思われる（表 6.2.2）。

表 6.2.2 家電の買い替え理由

	度数	%
故障	924	92.7
転居	18	1.8
新製品への移行	46	4.6
その他	9	0.9
合計	997	100

(単位:%)

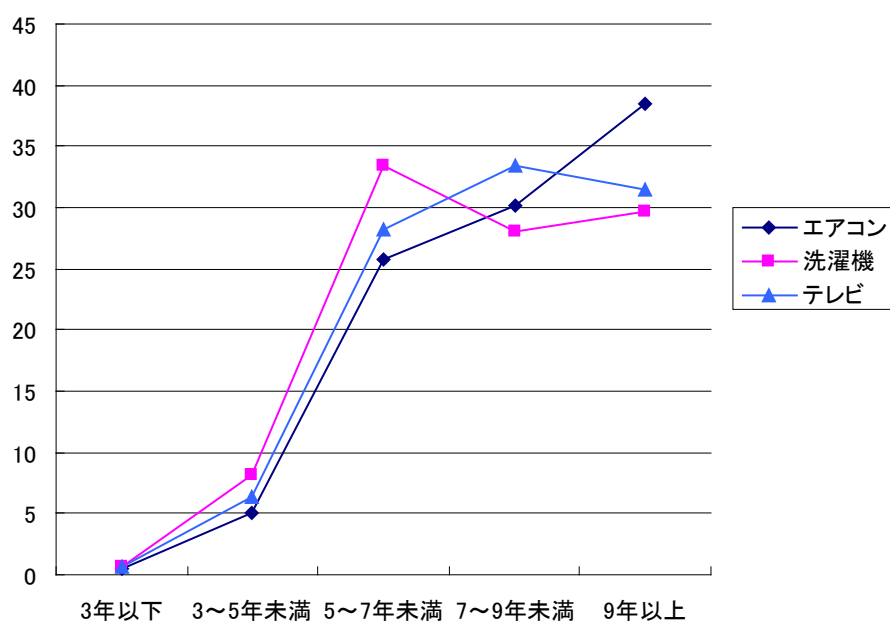


図 6.2.3 家電の使用想定期間

家電の使用期間の想定については、洗濯機が多かったのが、「5年以上7年未満」、テレビで

は「7年以上9年未満」、エアコンでは「9年以上」となっている。どの家電についても7年以上と回答する割合が高くなっており、家電については比較的長期間での使用を考えていることが伺える（図 6.2.3）。

（C）サービス提供型モデルの利用

サービス提供型については、従来の家電製品とは概念から異なるため、模式化したものを図示し、具体的な製品（ここではエアコン）についてサービス提供をするようなモデルを示した（図 6.2.4）。アンケートの中では、このサービス提供型エアコンを“Pay-per Green Air”として、メンテナンスや契約期間後の製品更新などのサービスや利用するごとの課金システムを提案したビジネスモデルを提示し、具体的なイメージをもって回答者が答えられるようにした。

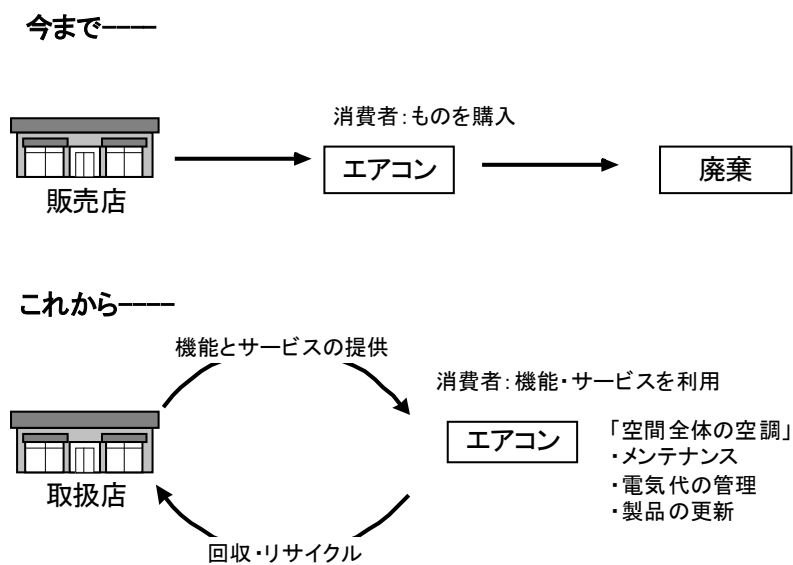


図 6.2.4 サービス提供型リース・レンタルモデルの概念図

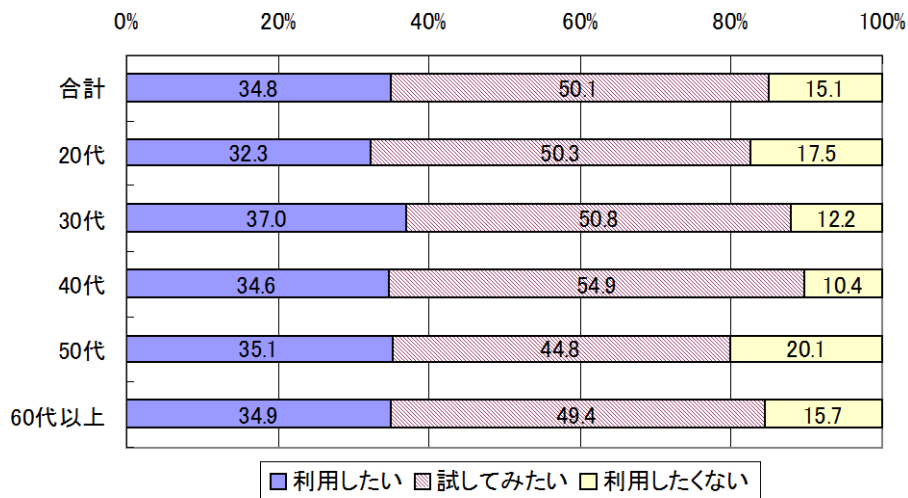


図 6.2.5 サービス提供型モデルの利用意向（年代別）

サービス提供型モデルについて、利用してみたいと答えた人が 34.8%、よく分からないが試してみたと答えた人が 50.1%、利用したくないという人が 15.1%であった。

(D) 廃棄負担について

廃棄コストの負担については、約 40%は、10%以上廃棄コストがかかれば、次の製品の購入を控えようと考えている。また 20%近くまで負担が拡大すると、約 75%の利用者は次の製品の購入を控えようとする（図 6.2.6）。

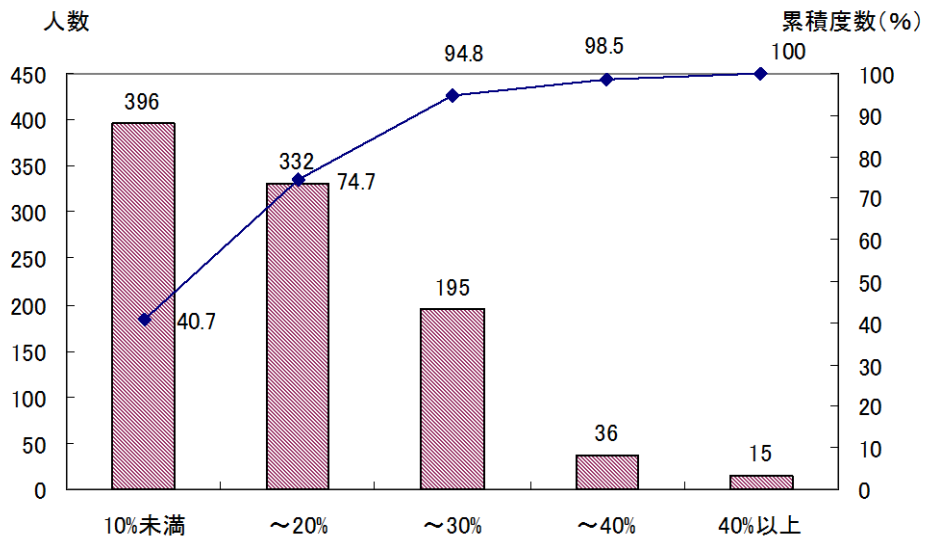


図 6.2.6 廃棄コストの上限額

以上の結果をまとめると、利用者の特性として次のようなことが言える。

- ・ 環境に対する関心は高いが、環境配慮への支払許容範囲は 10%程度である。
- ・ 新しい機能に対しての関心は非常に高いが、故障するまで使い続ける。
- ・ サービス提供型モデル利用に対する興味は非常に高く、受け入れられるかどうかはサービスの内容や価格に依存する。
- ・ 廃棄コストについても半数近くの対象者が 10%の負担増を上限と考えており、利用者のコスト意識としては“10%”が意識する数字であることがわかる。

6. 3 サービス提供型ビジネスの提案

「省エネ効果が進んでいる製品については、迅速に製品を交換することで CO2 の排出を抑制できる」という命題と、「利用者は製品が故障するまで使用する」また「その使用期間（製品寿命）は迅速循環の期間よりも長い」という相反する命題を解消するために、サービス提供型ビジネスモデルを提案する。

サービス提供型ビジネスモデルとは、サービスを提供するための機器（IM 型製品）を通常の販売経路で購入するよりも安価で利用者に提供し、提供するサービスに応じた支払額を利用者から徴収するモデルである。すでに行われているファイナンシャルリースと比較した場合、機器を月賦で貸し出すのではなく、提供されるサービスにのみ課金されるため、リースに伴う諸経費の増分が利用者に課せられるわけではない。

これにより、利用者は新しい機能をもった製品を使用することができると同時に、製品寿命に縛られて使用期間を決める必要がなくなる。メーカーにとっては製品のライフサイクル管理が容易になるため、部品リユースの可能性が増大するとともに、CO2 排出量の削減が見込める。以下、家電を例にサービス提供型製品およびビジネスモデルを具体的に示す。

(A) エアコン

アンケート調査に関連して述べたように、サービス提供型エアコンを“Pay-per Green Air”として、メンテナンスや契約期間後の製品更新などのサービスや利用するごとの課金システムにより提供する。エアコンは、室内熱交換器の掃除をおこなわないと効率が下がり、余計な電力を消費することになる（例えば日立製作所の調べによると約 3 年間使用後、室内熱交換器の清掃前と清掃後を比較すると、消費電力は冷房で約 3 %、暖房で約 5 %改善される）。また健康面でも、フィルターに付着したホコリやカビなどは掃除をおこなうことで取り除くことが望ましい。こういったエアコンのクリーニング・サービスは、ダスキンを始め、掃除業者が中心となって提供しており、価格も一台あたり 8,000 円から 1 万円程度となっている。このようなサービスを掃除業者と提携して、定期的におこなうことも考えられる。

(B) 冷蔵庫

冷蔵庫は一年中通電しているものであり、使用年数の短期化以外には“Pay-per”型の支払方法にあまり大きな関心は期待できない。したがって冷蔵庫の場合は、より利用者の利便性を高めるような、冷蔵庫本来の役割とは違ったサービスを提供する必要がある。例えばインターネットを通じた食材の購入などがそれに当てはまる。最近では、液晶ディスプレイを搭載した冷蔵庫も登場しており、ネットワーク化が進めば、このディスプレイを通じたインターネット

へのアクセスもおこなえるようになる。

インターネットへのアクセスにより、仮想ショッピングモール内の食材メーカーやスーパーから食材を、冷蔵庫の中身やメニューと相談しながら、購入することができる。家電メーカーとしては、この仮想ショッピングモールを利用する金額の何割かを利用料金として利用者から回収する、新しいビジネスモデルが考えられる。

(C) 洗濯機

洗濯機については、コインランドリーのように使用課金に応じた“Pay-per”型のモデルが考えられる。実際、スウェーデンのエレクトロラックス社では、このタイプのリース・レンタルモデルを実験段階であるが行っており、今後のサービス型製品のプロトタイプにしている。この“Pay-per”型にすることで、省エネ効果や使用時間・回数の把握ができる。また、電力会社と提携することで、電力代の安い時間帯に効率よく洗濯機を回すなどのコントロールも外部からできるサービスを提供できる。

(D) テレビ

テレビは他の三品目に比べて、サービスの提供がおこない易い機器である。実際にデジタルTVを通じて双方向型のサービスが検討されており、その情報端末として今後活用されていくと考えられている。

企業の広告や金融情報などをリアルタイムで見ることができ、またオンライン取引が可能になれば、その広告から直接、仮想ショッピングモールに行き、商取引が完了する。テレビ画面を通じておこなうので、利用者にとっては視覚的に確認しながら発注することができる。このサービス利用料金から製品代金を回収することは十分に考えられるビジネスモデルである。テレビは約9年が平均使用期間であるから、15万円のテレビでも、月額平均1,500円程度で回収が可能である。映画や音楽ソフトなどのコンテンツ提供もテレビについては可能性がある。

また今後のデジタル化の進展によるが、新機能が追加されても、パソコンと同じように必要な部品だけをアップグレードするサービス提供型モデルも考えられる。

図6.3.1では、サービス提供型モデルが一般住宅に普及した場合のイメージを示した。利用者は、ECHONETなどのネットワーク化された家電を、Open PLANETのような技術を用いて外部からコントロールすることが可能となる。またこのネットワーク網を活用して、様々なサービスやコンテンツの提供会社が利用者へ付加的なサービスを提供することになる。製品は常に迅速循環によって新しい機能・サービスを利用することが可能となる。またメーカーによる製品のライフサイクル管理が容易であり、製品使用後のリサイクルシステムも構築されているために、製品にはリユース部品が使用されているが、メーカーが製品を管理しメンテナンスを行っているため、利用者は安心して製品を利用できる。

結果として、利用者は製品を所有することによるリスクやコストを負担することなく、製品を利用してサービスを享受することをメインに考えることができ、自らの指向する生活スタイルに合わせて家電機器などを利用することが可能となる。

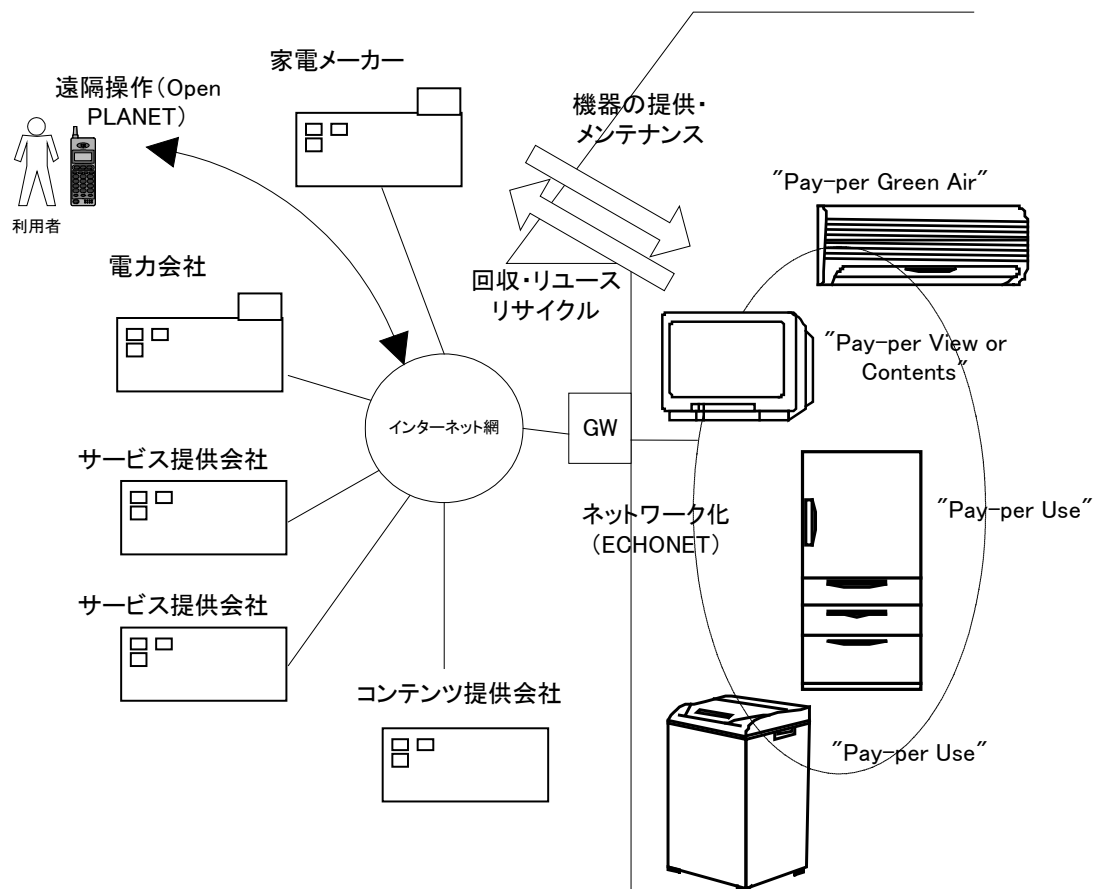


図 6.3.1 サービス提供型家電のイメージ図

6.4 利用者負担の変化

サービス提供型モデルでは、サービスに対する利用者の負担も従来型とは異なる。

表 6.4.1 および図 6.4.1 では、利用者の費用負担を、初期コスト、ランニングコスト、環境コストの三つに分類し、①従来型、②買い替え型、③サービス提供型のそれぞれについてエアコンのライフサイクルコストを算出している。

試算の条件としては、エアコン 1 台が卸値 8 万円、店頭価格 12 万円のものとする。使用期間は 10 年間を仮定し、②と③のケースでは、5 年間で一度更新することとする。5 年後の更新となるため、消費電力量が削減されている機種を 5 年後に導入する。

また①では長期にわたりエアコンを使用するため、5 年経過後にメンテナンスを 1 回行うこととする。③のサービス提供料金とは、従来の電気代およびメンテナンス費用に代わるものである。この料金は定額制や従量制など異なる課金方法が考えられる。

表 6. 4. 1 ライフサイクルコスト（エアコンの例）

		従来型	買い替え型	サービス提供型	備考
初期コスト	販売価格	120,000	240,000	160,000	* サービス提供型については小売卸値相当の8万円を2回支払
	消費税(5%)	6,000	12,000	8,000	
	設置料(配送料込:1万円/台)	10,000	20,000	20,000	
	小計	136,000	272,000	188,000	
ランニング・コスト	サービス提供料金(月額)	-	-	2,700	* 従来の電気代とメンテナンス費用に代わるサービス料金
	保険料(初期保証を除く:年額に換算)	720	720	0	* 従来型については販売価格の3%を仮定、かつ5年保証を2回
	消費電力量(kWh/年間:前半)	1,357	1,357	1,357	* エアコンについては、東芝製2.5kWのもとを想定。買い替え型とサービス提供型については、5年後に機能が向上した機種に更新するため、消費電力が削減される
	消費電力量(kWh/年間:後半)	1,357	754	754	
	電気代(年額)	31,211	24,277	-	
	メンテナンス費用(年額に換算)	2,000	0	0	* 従来型については5年経過時点で1回、2万円のメンテナンスを実施。
小計	33,931	24,997	32,400	* 年額	
環境コスト	リサイクル費用	7,000	14,000	0	
	小計	7,000	14,000	0	
合計		482,310	535,970	512,000	* 10年間合計
		48,231	53,597	51,200	* 1年間あたり

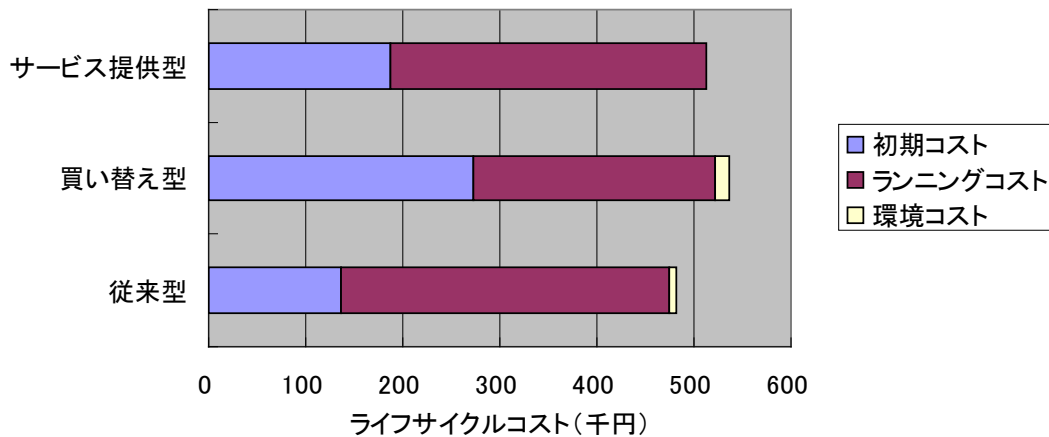


図 6. 4. 1 ライフサイクルコスト（エアコンの例）

①従来型の場合、電気代が最も大きいコストとしてかかっている。②、③のように5年後に省エネタイプの製品に更新した場合、電気代を大きく低減できる。しかしながら②買い替え型の場合にはエアコン2台分の機器代金が初期コストとしてかかるため、トータルライフサイクルコストは上昇している。これに対し、③サービス提供型を利用した場合には、メーカーから直接機器を購入するために、その代金は低く抑えられる。省エネ型の機器を5年後に導入しているため、電気代やメンテナンスコストが低減されているが、新しい製品を利用できるという

メリットや、あくまでも“空調”という同じサービスを享受しているという観点から月額料金設定は従来型の製品を使い続けた場合と同程度にしている。サービスを提供するメーカー側は、電力の支払を行う契約を結び、省エネ機器を開発、利用者に提供することで直接的に利益を生むことができる。

6.5 まとめ

本章では、インバース・マニュファクチャリングにより実現できる“迅速循環”が市民生活に及ぼす影響について検討した。特に、使用段階での省エネ化が非常に進んでいる製品について、適正な時期に買い替えを行うよう利用者を誘導する方策として、サービス提供型ビジネスモデルを提案した。

これまで利用者は新しい機能に関心は高いが、製品が故障するまで使い続ける傾向にあり（表 6.2.1 および表 6.2.2 参照）、省エネ化が進んだ製品への買い替えにも制約があった。サービス提供型ビジネスモデルにより、利用者は環境に対する余剰支払い意思額である 10%以内（図 6.2.2 参照）でエネルギー効率が高く、CO2 排出量の少ない新製品を使用することができるようになる（表 6.4.1）。またメーカーにとっても省エネ効果の高い製品の開発により、製品の使用段階で利益を生む構図ができあがった。さらにこのビジネスモデルで利用者に提供される IM 型製品はライフサイクル管理が容易であることから、リユース部品の利用による廃棄物量の削減と製造段階での省エネ効果も期待される。

以上のことから、サービス提供型モデルは利用者に十分受け入れられると考えられる。

7. まとめ

本タスクフォース（TF）では、IMの有効性をアピールするため、IMコンセプトの特徴のひとつである“迅速循環”を取り上げ、その社会普及のシナリオを作成した。そのシナリオに基づき、社会全体で期待される“環境”および“経済”面でのメリットを定量化した。

本タスクフォースで得られた結論をまとめる。かなり荒い仮定に基づいた試算ではあるが、IMコンセプト実現により得られる効用を的確に表現したものと考えている。

（1）新機能の享受と環境負荷の削減を両立する「迅速循環シナリオ」は、CO2排出量削減の面からは充分有効なシナリオである。循環省エネ率50%を想定すれば（循環による製造・廃棄に伴うCO2排出量の削減割合）、対象製品全体で約1500万トン-CO2程度のCO2削減が可能である。これは国内総排出の1～2%に相当する。このとき副作用として、年間35万t程度の最終処分量の増加を引き起こすが、これは廃棄物全体の年間排出量に比較すれば充分小さい値であり、またこの値自体も循環生産の促進などにより削減可能である。

（2）使用段階の消費エネルギーの改善率 α 、製造廃棄段階の消費エネルギーPのパラメータにより、最適な更新年数が存在する。 α とPより最適な更新年数を求める定式化により、製品の省エネルギー化設計の指針を得ることができた。

（3）インバース・マニュファクチャリングによって、電気機械などの製造業や運輸・通信を中心に、新たに29.8万人の雇用者数が創出される。これは、国内の就業者数の約0.5%であり、また、完全失業者数の約8.4%の相当する。また、インバース・マニュファクチャリングによって、新たな領域での製造分野の開拓によるモノづくりにおける知識の継承をしていくことも可能である。同時に、単にもの売るだけではなく、機能やサービスを売るといった、日本が不得意としていたソフト産業への転換への足がかりにもなり、数値では表せない効果が期待できる。

（4）インバース・マニュファクチャリングにより実現できる“迅速循環”が市民生活に及ぼす影響について検討した。特に、使用段階での省エネ化が非常に進んでいる製品について、適正な時期に買い替えを行うよう使用者を誘導する方策として、サービス提供型ビジネスモデルを提案し、その実現可能性を明らかにした。

以上は、過去10年間の“事実”に基づき作成したシナリオでの評価であった。では、技術進展等の“予測”に基づき、同じようなシナリオを具現化できるのであろうか？不可能ではないと考える。しかし、それには、ビジネスや社会制度でのブレークスルーが必要となろう。それを見つけ履行していくことが、今後の課題である。

Ⅱ. ビジョン構築委員会

ビジョン構築委員会 平成13年度活動概要

1. 設立の経緯

インバース・マニュファクチャリングフォーラムも発足以来5年の年月が経過した。この間に循環型社会基本法の制定や、個別具体的な環境、リサイクル関係の法律の制定や京都議定書の批准に向けた活動などを通して、環境重視の考え方についての社会全体の認知度は、当フォーラムの発足当時に比べて、大きく高まってきている。ところが、製造業におけるインバース・マニュファクチャリングは、極めて上手く実用化されている製品があるものの、フォーラムの活動にもかかわらず、本来狙っていた目標に対して限定的なものに終わっていると言わざるを得ない。この現実を分析しインバース・マニュファクチャリング実現の障害になっている事項（課題）を明らかにし、これを乗り越える方法や将来ビジョンからなるロードマップを提示するために、本年6月の総会で承認された「ビジョン構築委員会」が10月に発足した。

循環型社会には、複数の目標（省資源、省エネ、廃棄物削減、環境汚染防止など）が存在するが、それに取り組む立場もいろいろある。本委員会の活動としては、製造業を中心としながらも、以下のような拡張された視点で進めていくことにした。（当フォーラムとしての、従来からの製造業中心の視点からだけでは限界がある）

- ① 製造業の視点：個別企業のインバース化へのビジョン（自動車、情報機器、家電ほか）
- ② 行政の視点：経済産業省（産業機械、資源エネルギー）、環境省、厚生省、地方自治体等
- ③ 消費者、市民：ユーザとしての行動、Public Acceptance、倫理／教育など
- ④ 廃棄物／リサイクルビジネス業者：事業ビジョン

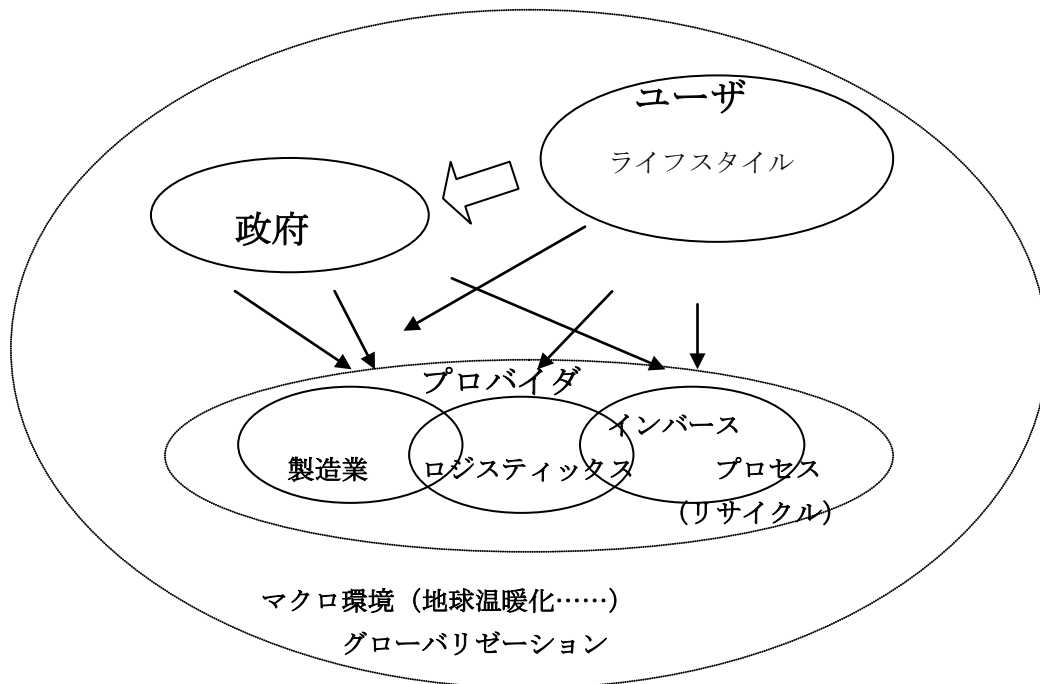
特に④では、3Rの進み方によっては、自己の事業が消滅する可能性もあり、どのような将来展望を持っているかは、インバースマニュファクチャリングの実践にとって非常に重要で興味のあるところである。

具体的な活動としては、初年度として、この委員会としての意識あわせと情報共有化のために、検討範囲や視点、課題等につきアンケート調査と全体討論を行い、各視点からの講演を聴講した。

2. 検討の視点と範囲

討論の視点として、まず第1には、従来からの製造業からの視点だけでなく、流通、リサイクルなどを含めた製品ライフサイクル全体からとらえること、提供するサービス全体を考慮範囲に入れる。次に、サービスの提供を受ける側の視点も重要で、ユーザのライフスタイルや嗜好性まで考慮する必要もある。また、個々の製品のライフサイクルに限られるだけでなく、世界各国との関連や、地球温暖化などグローバルな視点も忘れてはならない。これら視点を整理すると図のように表すことができる。

また、ビジョンの構築にあたって、絵に描いた餅に終わらせないためには、インバース社会実現へのポテンシャルとして、テクノロジーとツールの現状および将来展望が欠かせない要素である。ライフサイクル管理、ライフサイクル設計、3R要素技術、長寿命、省エネ、メンテナンスなどインバース・マニュファクチャリングの固有技術だけでなく、情報技術や法制度、社会教育システムなどの動向にも配慮する必要がある。



3. アンケート、全体討論による課題の整理

インバース・マニファクチャリングの実現イメージがどのようなものか、また、そのための課題として何があるかを委員会メンバーにアンケートを実施した。アンケートの質問票および回答の整理結果を資料 1,2,3 として添付する。

また、現状を認識して課題や要望を明らかにするために、委員会での全体討論を行った。経済財政諮問会議の「循環型経済社会に関する専門調査会」から循環型経済社会実現の要件として提示された、責任と費用負担のルール、合理的な循環システムの構築、革新的な技術開発についてや、技術革新による製品使用時の省エネルギーが進む状況下での「継続使用」と「新製品への更新」の判断基準についても討論された。

これら討論の結果を要約すると以下ようになる。

①社会（システム）との関係

各種法制度や京都議定書、市民の意識、感覚等との関係を盛り込む必要がある。

②定量的評価／目標

インバース社会を定量的に評価する指標の必要性とその数値目標を設定することが重要になる。

③技術動向

従来から求められていた技術動向の体系整理が必要。

要素技術（寿命管理、ライフサイクルシミュレーション、リモートメンテナンス等）

④製造業の役割／範囲の明確化

新しいビジネスモデルの提案と製造業にとってのメリットの提示。

EMSやITの活用も視野に入れる。

循環ルートの確立。

4. 講演会の開催

(1) 第1回 11月28日(水) 10:00~12:00 真福寺 第2、3会議室

①「リサイクル自動車部品全国共有在庫環境“パーツステーション”」

翼システム株式会社システム事業部 福井 靖和 係長
インターネット上の自動車リサイクル部品の在庫情報を検索、およびネット上への登録
ができる自動車用リサイクル部品共有在庫ネットワーク。性能/品質基準を標準化した。

②「PC部品リユースの調査」

(株)富士総合研究所 環境資源エネルギー研究所 藤井 崇主事研究員
パソコン部品のリユースの実態調査、課題、新しいビジネスモデルの可能性などについ
ての調査研究結果の紹介

(2) 第2回 1月9日(水) 10:30~12:00 真福寺 第2、3会議室

①「IBMの戦略的リユースシステム GARS について」

日本アイ・ビー・エム ITS・OSP0 リユースセンター 塩ノ谷淳一
IBMのワールドワイドな資産管理システムの紹介。中古品、余剰部品も資産として活
用するため、社内入札で落札されて、製品組込みや保守部品として使用される。

5. 今後の進め方

平成13年度で、委員間の情報共有化も進み、インバース社会実現への課題についてある程
度の共通認識ができあがってきた。平成14年度には、引き続き講演会等による情報収集も続
けるが、主な活動は、インバース社会の姿とそこに至る道筋、途中で横たわっている課題の抽
出/整理、さらに解決のためのツール、技術と施策などを明らかにすることになると思われる。
明確になった課題については、必要に応じてタスクフォースなどの体制を作って具体的な検討
を進めていくことも考えている。

資料1

平成14年2月8日

インバース・マニュファクチャリングフォーラム
ビジョン構築委員会
委員各位

(財)製造科学技術センター
インバース・マニュファクチャリングフォーラム
ビジョン構築委員会
委員長 木村 文彦

インバース・マニュファクチャリング ビジョン構築委員会
アンケート調査について

拝啓 時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。

インバース・マニュファクチャリング ビジョン構築委員会では、循環型社会の将来ビジョンとそこに至るロードマップの構築を目指して活動を開始しました。

そのための第一歩として、このたび、委員各位にインバース・マニュファクチャリングの具体的実現方法についての課題と効果の抽出をお願い致したくアンケートを実施することと致しました。

つきましては、下記要領にしたがって、ご回答をお願い致します。趣旨をご理解いただいた上、ご協力のほどよろしくお願い致します。

敬具

記

提出期限：3月1日（金）

提出先：製造科学技術センター 高橋（Mail：takahashi@honbu.mstc.or.jp, Fax：03-5472-2567）

鈴木（Mail：suzuki@honbu.mstc.or.jp, Fax：03-5472-2567）

依頼内容：

インバース・マニュファクチャリングは、

「使用を終えた製品から再利用可能な部品、材料を生み出すプロセスを含め、製品の全ライフサイクルを管理することによって、環境負荷を大きく低減する活動」と言うことができます。また、ビジョン構築委員会の究極目標は、「将来インバース社会になったらどうなるか」を示すことですが、そのための要件や道筋もあわせて示す必要があります。

インバース・マニュファクチャリングフォーラムにおける検討の枠組みは以下の4段階のように整理しています。

これまでのフォーラムでの検討で、ⅠとⅡとⅢについては、議論してある程度の明確化ができたと考えています。今後はⅣのインバース社会実現に必要なツール（制度）について明確に

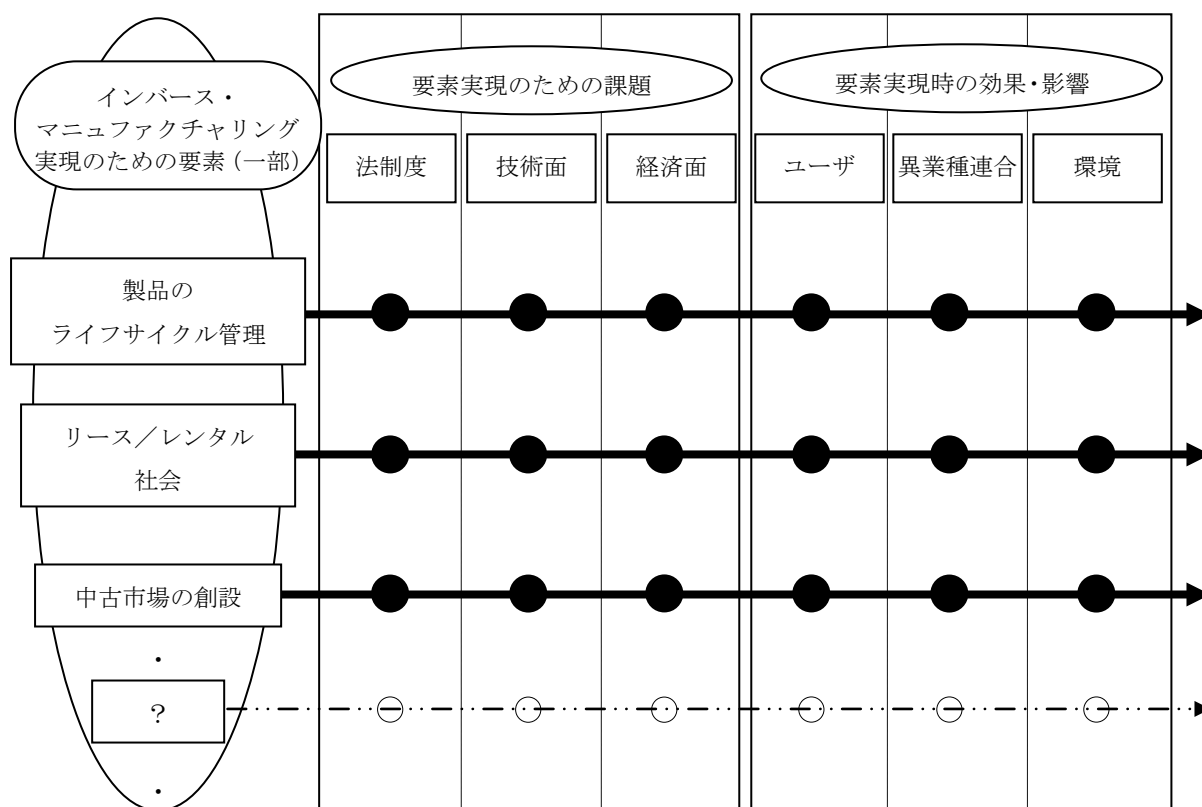
することにより、インバースマニュファクチャリングのビジョン構築につながると考えています。

I. 現実社会の環境課題： 地球温暖化、資源の限界、ゴミ埋立地満杯 etc.
II. インバース社会の目的と効果： エネルギー消費と CO2 排出量の削減、3R、etc.
III. インバース社会の要素： 製品のライフサイクル管理、リース／レンタル社会、解体容易設計 etc.
IV. インバース社会実現に必要な（促進）ツール／制度 個々の要素技術、法制、倫理／教育

そこで、委員の皆さまには、インバース社会を実現する要素である、「製品のライフサイクル管理」、「リース／レンタル社会」、「中古市場の創設」について、**異業種連携の具体的なイメージ**を描いていただき、そのイメージにしたがって、各委員の方の業界や企業の分野に限定して、課題と効果を整理していただきたいと考えています。（各 1 枚、計 3 枚）

このアンケートでは、インバース社会を実現する要素について、話題性のある 3 つを提示させていただきましたが、他にインバース社会を実現する重要な要素がありましたら、具体的にご記入の上、シートを埋めていただきたいと思います。（1 枚）

このアンケート調査の全体像を下図に示します。
どうぞよろしくお願ひいたします。



※「ユーザアクセプタンスが課題だ」という場合については、「ユーザへの効果（利点）」として効果のところで表現してください。

アンケート調査シート (記入例)

A 製品のライフサイクル管理について

①貴社、貴業種に関する（製品、サービスなど）「製品ライフサイクル管理」について、具体的にどのように異業種連携がなされて実現する可能性があるか自由にイメージしてお書きください。

(異業種連携がどのように行われるか。実施主体、役割分担、費用分担などのイメージ)

事業所用マルチタイプエアコンのライフサイクル管理について

- ・エアコン製造業者が一般サービス業者を組織化してサービス会社を設立する
- ・エアコンにはセンサーとノーリング通信ユニットを全商品に追加
- ・通信回線を通じて、一日一回稼働レポートをサービスセンターに集約
- ・サービスセンターは余寿命診断、故障予知診断等を行い、サービス計画を策定
- ・使用終了時は、サービス部門の負担で自ら回収し、適正処理（リサイクル）する。

②上で記入した内容を社会で実現するための問題・課題となっているのは何か。

下記の項目に分けて書ける範囲でお書きください。

◆法制度面

エアコンの所有権はユーザにあり、通信ユニットを使用することにご承諾いただけないお客さまがいる。

◆技術面

余寿命診断、故障予知診断がまだ不十分で、予防保全でなく緊急保全になるケースがある。

◆経済面

通信費用が無視できず、通信業界との連携も必要となる。
保守契約の金額が安くできず、契約数が増加しない。

③上で記入した内容が社会で実現した場合に、各主体にどのような効果（影響）があるか。

下記の主体に分けて書ける範囲でお書きください。

◆ユーザ（個人、法人）

ダウンタイムがほぼゼロになる。

◆異業種連合（製品ライフサイクル管理を提供する製造・流通・リサイクル業者など）

稼働に関する技術情報を収集でき、設計部門のマーケティング資料となる。
このサービスのスケールメリットを生かし、新しい事業として展開できる

◆環境（廃棄物発生量、地球温暖化、資源の有効利用）

確実に適正処理（一部リサイクル）されるので、最終処分量が減少する。
適正なメンテナンスにより製品寿命が伸び、資源消費が減少する。

アンケート調査シート(1/4)

A 製品のライフサイクル管理について

①貴社、貴業種に関する（製品、サービスなど）「製品ライフサイクル管理」について、具体的にどのように異業種連携がなされて実現する可能性があるか自由にイメージしてお書きください。

（異業種連携がどのように行われるか。実施主体、役割分担、費用分担などのイメージ）

②上で記入した内容を社会で実現するための問題・課題となっているのは何か。

下記の項目に分けて書ける範囲でお書きください。

◆法制度面

◆技術面

◆経済面

③上で記入した内容が社会で実現した場合に、各主体にどのような効果（影響）があるか。

下記の主体に分けて書ける範囲でお書きください。

◆ユーザ（個人、法人）

◆異業種連合（製品ライフサイクル管理を提供する製造・流通・リサイクル業者など）

◆環境（廃棄物発生量、地球温暖化、資源の有効利用）

アンケート調査シート(2/4)

B レンタル／リースについて

- ①貴社、貴業種に関する（製品、サービスなど）「レンタル／リース」について、具体的にどのような異業種連携がなされて実現する可能性があるか自由にイメージしてお書きください。
（異業種連携がどのように行われるか。実施主体、役割分担、費用分担などのイメージ）

- ②上で記入した内容を社会で実現するための問題・課題となっているのは何か。
下記の項目に分けて書ける範囲でお書きください。

◆法制度面

◆技術面

◆経済面

- ③上で記入した内容が社会で実現した場合に、各主体にどのような効果（影響）があるか。
下記の主体に分けて書ける範囲でお書きください。

◆ユーザ（個人、法人）

◆異業種連合（レンタル／リースを提供する製造・流通・リサイクル業者など）

◆環境（廃棄物発生量、地球温暖化、資源の有効利用）

アンケート調査シート(3/4)

C 中古市場の創設について

①貴社、貴業種に関する（製品、サービスなど）「中古市場の創設」について、具体的にどのように異業種連携がなされて実現する可能性があるか自由にイメージしてお書きください。

（異業種連携がどのように行われるか。実施主体、役割分担、費用分担などのイメージ）

②上で記入した内容を社会で実現するための問題・課題となっているのは何か。

下記の項目に分けて書ける範囲でお書きください。

◆法制度面

◆技術面

◆経済面

③上で記入した内容が社会で実現した場合に、各主体にどのような効果（影響）があるか。

下記の主体に分けて書ける範囲でお書きください。

◆ユーザ（個人、法人）

◆異業種連合（中古市場創設を提供する製造・流通・リサイクル業者など）

◆環境（廃棄物発生量、地球温暖化、資源の有効利用）

アンケート調査シート(4/4)

D () について (ご記入ください)

① 貴社、貴業種に関する (製品、サービスなど) 「〇〇〇〇〇〇〇〇」について、具体的にどのように異業種連携がなされて実現する可能性があるか自由にイメージしてお書きください。

(異業種連携がどのように行われるか。実施主体、役割分担、費用分担などのイメージ)

② 上で記入した内容を社会で実現するための問題・課題となっているのは何か。

下記の項目に分けて書ける範囲でお書きください。

◆ 法制度面

◆ 技術面

◆ 経済面

③ 上で記入した内容が社会で実現した場合に、各主体にどのような効果 (影響) があるか。

下記の主体に分けて書ける範囲でお書きください。

◆ ユーザ (個人、法人)

◆ 異業種連合 (〇〇〇〇を提供する製造・流通・リサイクル業者など)

◆ 環境 (廃棄物発生量、地球温暖化、資源の有効利用)

委員へのアンケート調査

回答状況

委員種別	数	回答	回答不能
大学	5	—	—
研究所／団体	4	1	2
企業	13	5	1
合計	22	6	2

回答内容

	①	②	③	④	⑤	⑥	
A製品ライフサイクル	*		*		*	*	
Bレンタル／リース			*		*	*	
C中古市場		*	*		*	*	
Dその他			*	*			廃棄処理 製品寿命後リサイクル

資料3 アンケートから整理するインバースビジョン

「製品のライフサイクル管理」

◆ 具体的イメージ

- ・製品の巡回サービス、リモート診断、メンテナンス
- ・製品にセンサと通信ユニットを組み込んで遠隔ライフサイクル管理
- ・緊急保全（突発故障対応）
- ・予防保全（余寿命診断、故障予知診断）
- ・ICチップなどによる製品・部品の個体管理（使用時間などを収集・記録）

◆ 法制面課題

センサ組み込みに顧客の理解が得られない
生産者責任と受益者負担が徹底すると進む
突発故障に対する補償（損害賠償）

◆ 技術面課題

リモートライフサイクル管理のシステム構築
余寿命診断、故障予知診断技術の向上、信頼性保証技術
安価なICチップの開発
アップグレード時の履歴管理技術

◆ 経済的課題

センサ、管理センタのコストアップ
通信費用が高額
リユース品、リサイクル品の社会的価値の向上
長寿命化によるマーケット縮小

◆ ユーザへの効果

稼働率アップ、ダウンタイムの減少、生産性向上、設備保全費の現象
長寿命化による購入費用の低減

◆ 異業種連合への効果

稼働データ収集（次世代製品開発、マーケティングに有用なデータ）
保全計画による計画調達
新市場の創設

◆ 環境への効果

適正メンテナンスによる長寿命化のため資源消費・廃棄物発生量減少
リモート診断によりサービスマンの移動による環境負荷低減
適正処理

「レンタル／リース」

◆ 具体的イメージ

リース完了品のオーバーホール・リニューアル
製造業のレンタル／リース業へのシフト
技術進歩が激しく、その入れ替え等が強く要求される商品群
高額商品で長期間活用のメリットが考えにくい商品

◆ 法制面課題

生産者責任の明確化
取り扱いが乱暴になり、適正使用の範囲規定が必要

◆ 技術面課題

余寿命診断技術、品質保証技術
リニューアル技術
使用実績の情報把握

◆ 経済的課題

メーカーにメリットがない
リースメリットが生じるものと生じないものに2分され、仕組みが二重になる。
ユーザへの効果
新製品が使いやすい、買い損ないの減少

◆ 異業種連合への効果

取り扱う商品の増加によるビジネスチャンス拡大
新しい市場形成？

◆ 環境への効果

長寿命化による資源消費・廃棄物発生量の減少
開発機種絞り込みによる生産設備の廃棄量が減少

「中古市場の創設」

◆ 具体的イメージ

在庫商品の仕様に関するデータを小売店が提供し、データ管理会社が全国の商品データを把握。

web上で検索して商品を需要者に輸送する。

中古製品回収業者、解体業者、シュレッダー業者、清掃業者、販売業者などの幅広い連携

メーカーと異なる中古メーカー連合（サービス会社、ネット情報会社）

メーカーの系列がなくなる

◆ 法制面課題

評価値クリアの恩典制度など

中古品の品質保証の方法

購入者登録制度をどうするか

◆ 技術面課題

商品の電子データ化

解体・分別技術の機械化・自動化

余寿命評価技術、中古品の品質保証技術

新しい技術の習得

◆ 経済的課題

端末の配置

◆ ユーザへの効果

自由に安価に製品を入手できる

中古品のコストダウン

中古品を高く売れる

◆ 異業種連合への効果

業界の活性化、新たな事業チャンス

事業としての存続、継続、発展性が高い

◆ 環境への効果

需要に対して適切な量の供給

「使用済み製品のリサイクル、適正処理」

◆具体的イメージ

各製品・部品の解体業と、分別物の受け入れ先をリンクする流通機構を構築
各製品・部品ごとの解体性を明示、分別後に物質を提示
流通機構は受け入れ先の受け入れ条件と適切な組み合わせを提案する

◆法制面課題

廃棄物処理法、廃棄物とリサイクルの区分
法制度でコストを決めると廃棄コストは下がりにくい

◆技術面課題

膨大な数となる製品・部品の解体性、分別技術の開発
受け入れ条件の定量化

◆経済的課題

輸送コスト
解体費用、リサイクル費用負担
競争原理が働かない

◆ユーザへの効果

不法投棄の減少

◆異業種連合への効果

リサイクル先のメニューが明示され、解体程度の適正レベル、また、元々の設計に反映可能。
受け入れ先は発生物メニューが一元的に管理されることにより安心した入口条件が得られる

◆環境への効果

適切な処理ルート確立による最終処分量の減少

Ⅲ. ライフサイクル設計委員会

ライフサイクル設計委員会

ライフサイクル設計委員会では、これまでのまとめとして、委員会の成果を広く普及、啓発するためのパンフレットを作成することを目的に活動を行った。その成果として、18ページからなる多色刷りのパンフレット「インバース・マニユファクチャリングとライフサイクル設計 循環型社会構築のために」を作成した。

パンフレットを作成するにあたり、以下のような基本方針を設定した。

読者対象：大学生、新入社員を中心とし、リサイクル問題などに多少興味のある読者でも分かる内容として、広く配布する。

掲載内容：本委員会でも集中的に議論を行った、(1)ライフサイクル設計の上流段階におけるライフサイクル・オプションの選択方法、および、(2)リユースの可能性と課題の二点を中心として、インバース・マニユファクチャリング全体の説明からライフサイクル設計の基本的な考え方までをカバーする。

体裁：読みやすくするために、できるだけビジュアルな体裁とし、見開き2ページで一つのトピックを解説するなどの工夫をする。

委員会では、上記読者を想定した場合の、用語の整理、および、概念、考え方の簡素化に関して主に議論を行った。

作成したパンフレットは次ページ以降に掲載するが、構成としては、まえがき、インバース・マニユファクチャリングの概念の紹介に始まり、次に、ライフサイクル設計を行った結果のイメージを喚起するための「永久家電」を紹介している。その後、本論である、ライフサイクル設計の目的と概要、中心となる重要なライフサイクル・オプションの選択方法、リユースの可能性と課題について解説を行い、最後に残された課題をリストアップした。また、付録として、参考図書リスト、これまでのインバースマニユファクチャリング・フォーラムの報告書リスト、歴代のライフサイクル設計委員会のメンバーリストを添付した。

活動結果として、本委員会の成果の普及のためのパンフレットとしては十分な内容を持つものができたと考えているが、以下に示すように、幾つかの課題が残されている。

- ライフサイクル設計全般を取り上げるには至っておらず、委員会の成果を中心にしたために、若干の偏りがあり、また、内容をブラッシュアップする必要がある。
- 「永久家電」のイメージ図作成を専門家に依頼したが、情報伝達、ブレインストーミングに不十分な点があり、満足の行くイメージ図が得られなかった。
- 本パンフレットの配布と平行して、パンフレットを補足するページをフォーラムのホームページ内に作成したが、維持、向上させるための体制を作ることが今後の課題として残されている。

以上で、ライフサイクル設計委員会の活動は一旦終了することとしたいが、これまで本委員会に参加頂いた全委員の方々の積極的なご参加、フォーラム事務局の方々のご協力に深く感謝の意を表したい。また、フォーラム会員の方々には、本パンフレットの配布へのご協力と、パンフレットに対するご批判をお願いする。

循環型社会構築のために

インバース・マニュファクチャリングと ライフサイクル設計

このパンフレットの目的

「循環型社会形成推進基本法」が制定され、
「3R(リデュース、リユース、リサイクル)」という言葉も
良く耳にするようになった。
このパンフレットの目的は、
これらの基本となる考え方の一つである
「インバース・マニュファクチャリング」のコンセプトと、
その基本要素の一つである「ライフサイクル設計」の視点から、
循環型の製品を作るための技術面での
基本的な考え方を紹介する。



インバース・マニュファクチャリング・フォーラム
ライフサイクル設計委員会

1. まえがき

環境問題解決の必要性が強く叫ばれているが、このためには現在の大量生産・大量廃棄型生産システムから脱却し、安定した循環型生産システムを構築する必要がある。環境問題の本質は、地球温暖化問題、オゾンホール問題、廃棄物とその処理場の問題など様々な種類の問題が複合的に絡み合い、全体として容易に解くことができないという特徴がある。このため、これまでのようにある一つの技術革新によって事態が大きく改善することは考えられず、様々な技術を総合して、新しいモノ作りのシステム＝循環生産を構築してゆく必要があるのである。

世の中では、「循環型社会形成推進基本法」が制定され、「3R（リデュース、リユース、リサイクル）」という言葉も良く耳にするようになってきた。実際、図1にあるように、既に循環生産に向けて動き出した製品も急速に増えつつある。

このように、今後のもの作りの在り方は循環生産に向かうと考えられるが、そのためには二つの大きなカギがある。一つは、種々の技術課題を解決し、循環生産を「技術的に」可能にすることである。もう一つは、循環生産される製品が社会に受け入れられるようにすることである。循環生産は、長期的には環境にもやさしく、消費者、メーカー共にメリットを享受できる仕組みではあるが、短期的には、消費者、メーカー両者のコスト負担が増大する可能性が高い。従って、循環生産型の製品が消費者に受け入れられなければ、循環生産が広まらず、環境問題解決が暗礁に乗り上げる可能性もあり、その移行段階をどのように支援するかも大きな課題である。いずれにせよ、製品を使う側、すなわち、消費者が最終決定権とその責任を担っているのは間違いない。

これら二つのカギが車の両輪のように互いに良い相互作用を働かせてゆけば必ず循環生産の時代が来ると考えられるが、このパンフレットではそのうち「技術面」から、循環生産の基本的な考え方を整理することにする。

1.まえがき	1
2.インバース・マニュファクチャリング	3
3.一つのイメージ：永久家電の提案	5
4.ライフサイクル設計	7
5.ライフサイクル設計実現のためには	9
6.リユースの可能性とチャレンジ	11
7.今後の課題	14
付録	16

循環生産へ向けて動き出した製品例 (図1)



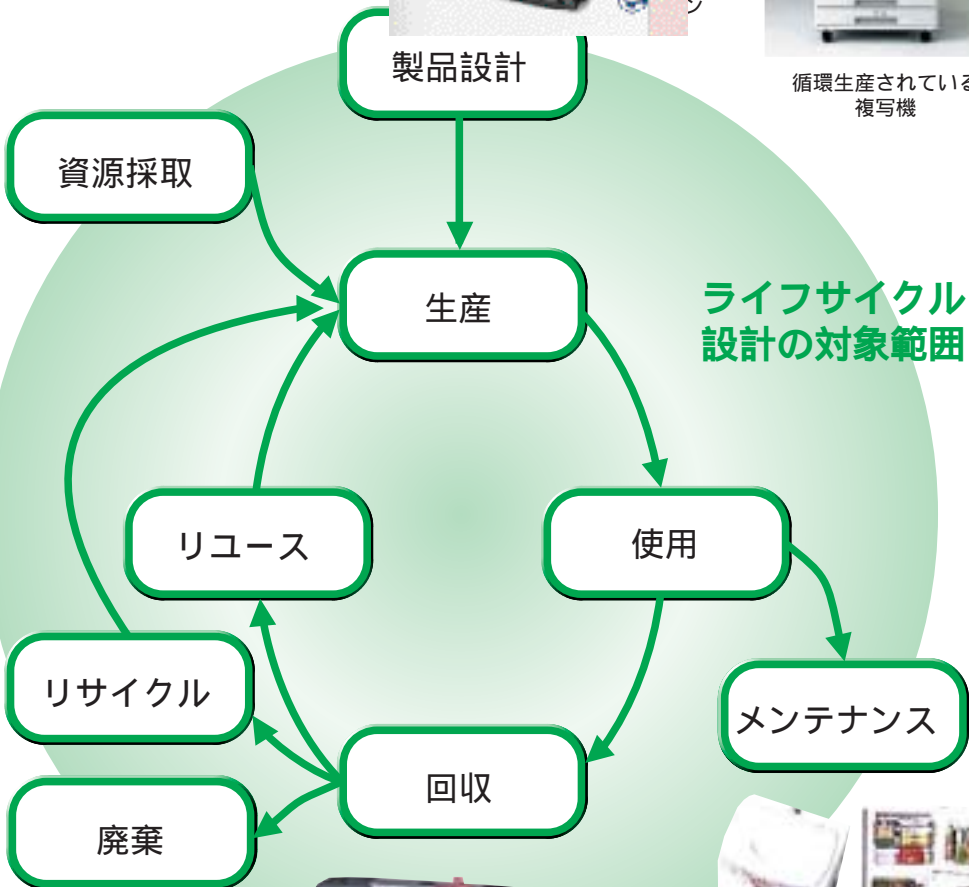
リサイクル材料で作られたバンパー



憲型
ン



循環生産されている
複写機



循環生産されている
レンズ付きフィルム

建設機械
コンポーネントの
リユース



レンタル家電



2. インバース・マニファクチャリング

インバース・マニファクチャリングとは、「循環生産」のための最も有力なコンセプトであり、製品ライフサイクル全体として資源・エネルギー消費量、廃棄物、および環境負荷を最小化するような、循環型の製品ライフサイクル・システムを構築することを目的としている。一言で言えば、資源・エネルギーを極限まで有効活用するということである。

これまでの設計生産の基本的な視点は、「機能・品質の高いものを設計し、いかに効率よく沢山つくるか」であり、廃棄物処理やリサイクルの視点は、「排出されたものをいかに安全に大量処理できるか」であった。これらは要素技術としてはそれぞれ重要であるが、インバース・マニファクチャリング（IM）における基本的な視点は、これまでの技術を活用しつつ、これらの視点に加えて、「要求されるサービスを満足させ利益を確保しつつ、いかにムダに資源・エネルギーを消費しないで済ませるか」にある。

世の中では、「循環型社会形成推進基本法」が制定され、「3R（リデュース、リユース、リサイクル）」という言葉が良く耳にするようになった。インバース・マニファクチャリングもこれらの基本となる考え方の一つである。現在世の中で行われている「リサイクル」は、使用済み製品を材料に戻す材料リサイクルやエネルギーを取り出すエネルギーリカバリーを指している。ここで注意しなければならないことは、これらの多くは、ゴミ処理の代替手段として考えた方が良く（それはそれで意味のあることだが）、モノを作る側（順工程）と処理する側（逆工程）が全く別の行動原理で動いており、いわば、循環生産の（最も効率の悪い）一番外側のループを構築しているのである。これに対してインバース・マニファクチャリングでは、製品のライフサイクル全体で考えて、

順工程と逆工程を統合し、もっと環境負荷が低く、経済的で品質の高い理想的な循環生産の方法を提案しようとするものである。

インバース・マニファクチャリングの基本的な考え方は、図2に示すように、製品ライフサイクル全体の視点から、資源・エネルギー消費量、廃棄物量、および、環境負荷（CO₂、有害物など）を最小化するような循環型製品ライフサイクル・システムを実現することであり、そのために、

モノからサービスへ、つまり、資源を出来るだけ消費しないでユーザの満足できるサービスを提供する方法を検討するビジネス戦略

経済性、質の維持、および、環境影響を最小化する最適な循環方法を検討するライフサイクル・オプションのベストミックス

これらのビジネス戦略とライフサイクル・オプションを実現する製品と種々のプロセス（生産、使用、メンテナンス、回収など）

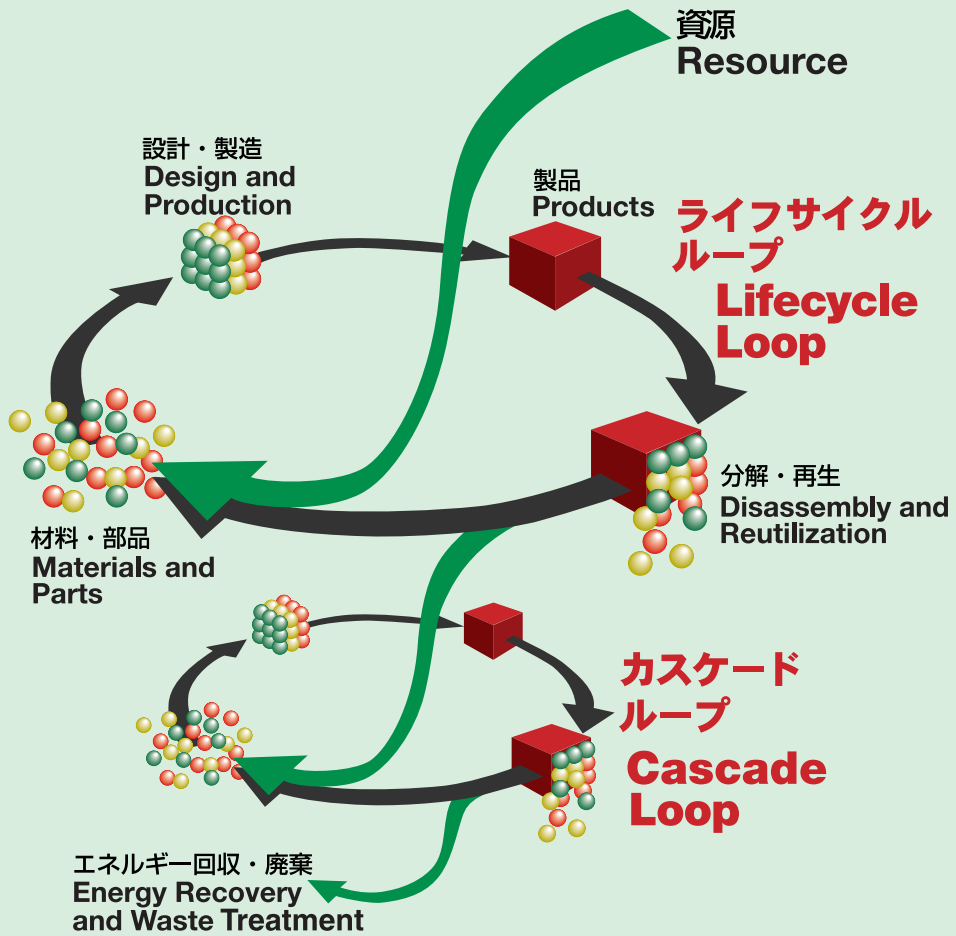
の三つを統合的に設計すること（これをライフサイクル設計と呼ぼう）さらに製品を作った後で、

設計した製品を最適に管理するためのライフサイクル・マネージメント

を行うことが重要な課題となる。

実際、既に循環生産を実現している複写機やレンズ付きフィルムの例をみてもこれらがある程度まで実現されていることがわかる。つまり、重要なのは個々の要素技術だけでなく、総合的に循環を実現するものの考え方であり、それは実践可能なアイデアなのである。

インバース・マニュファクチャリングの基本コンセプト (図2)



3. 一つのイメージ：永久家電の提案

最初に、インバース・マニファクチャリングのイメージの例として、「永久家電」、つまり永久に使える家電製品というものを考えてみよう。

もちろん、永久に使えるものなど作れる訳はない。狙いは企業がユーザに長期間にわたって、家電というハードウェアではなく、家電の「機能」（洗濯する機能、掃除する機能など）を提供し続け、さらに、個々の家庭の状況に合わせてきめ細かなカスタマイズと状況変化に合わせたアップグレードサービスを提供することにある。対価はハードウェアではなく、提供する機能に対して支払われ、ハードウェア自体はレンタルのような形式で提供されることが好ましい。これは、ライフサイクル・マネージメントと回収を容易にし、企業とユーザが製品提供後も密接にコミュニケーションすることによって、ビジネスチャンスを得ると同時に、故障や要求機能の変化に素早く対応し、モノの価値寿命と物理寿命が尽きることを事前に防止するためである。現在のメーカーは販売という製品ライフサイクルの一点にしかビジネスチャンスを見だしていないことが多い。

このような製品提供形態を我々は「サービス指向製品」と呼んでいる。イメージとしては、モノはそのライフサイクルの中をぐるぐると回り、ユーザに必要な機能を必要な時に提供し続けるということである。例えばこんな感じで...（図3参照）

Aさんの家庭では、テレビ、ビデオ、洗濯機、冷蔵庫、掃除機、電子レンジなど家庭内の電気製品を一括してレンタル会社のX社からレンタルしている。これらの機器はホームネットワークによって結ばれており、ホームサーバーがこれらの機器の運用状態をモニタリングしており、X社と結ばれている。

X社とのレンタル契約は、機器に対してではな

く、各機器の機能に対して契約しているので、使用状態に応じて、適宜X社から機器変更の案内が来る。Aさんの家では子供が下宿することになったので、冷蔵庫をひと回り小さいものに変更した。また、機器が故障した場合は、ホームサーバーから自動的にX社に連絡が行って、担当者が飛んで来て、修理、交換してくれる。製品も相当工夫されており、メンテナンスやアップグレードが簡単に行えるようだし、リユースがやりやすくなっているようだ。X社はホームサーバを通じて、各機器の劣化を管理しているので、リユースするために適切な時期を選んで、機器を回収しに来てくれる。不要な家電品を不用意に捨てることなど考えられない。回収された製品は、リユースされてどこかの家庭でまた役に立っているだろう。

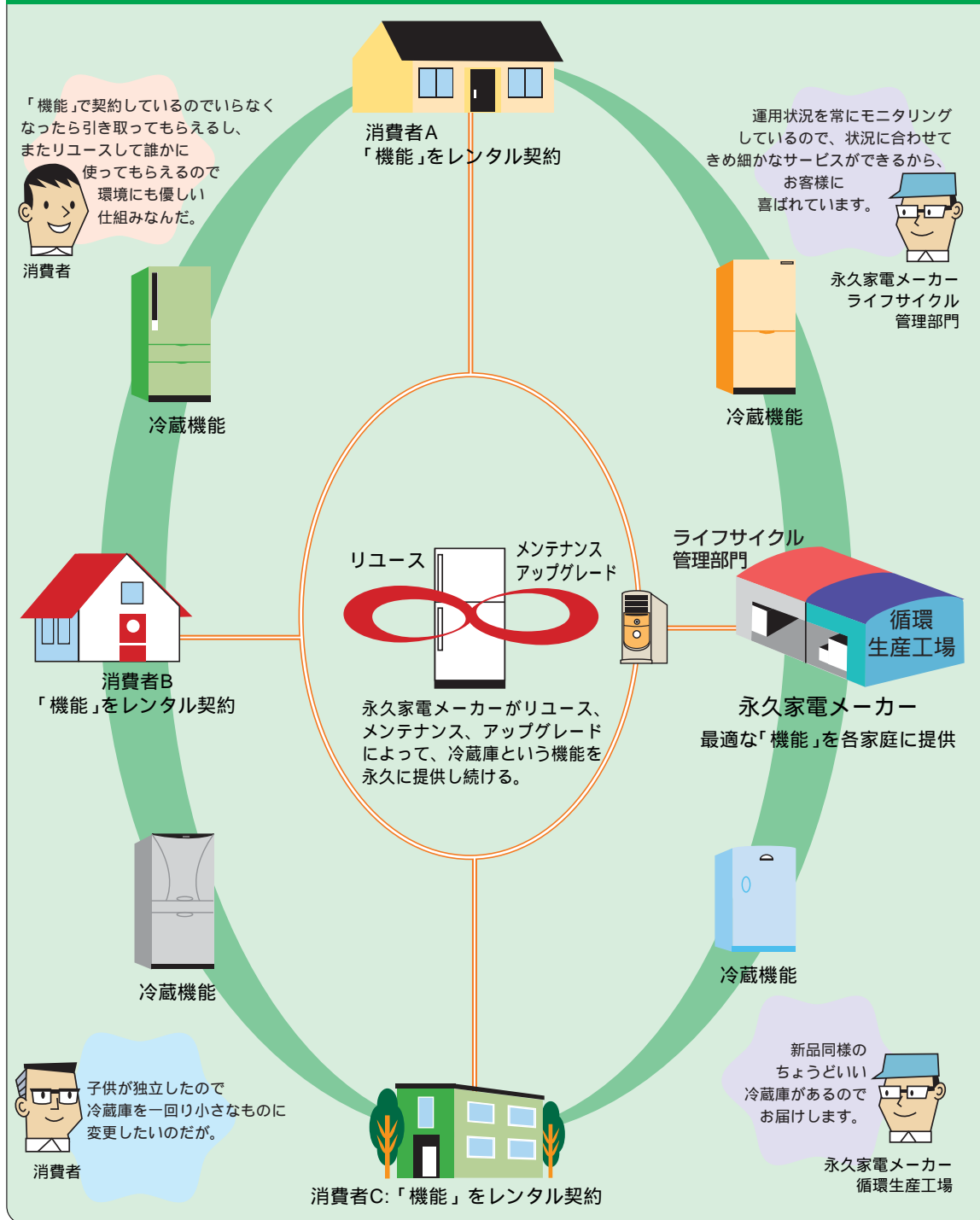
設置されている機器は、必ずしも新品とは限らないけれど、新品同様にぴかぴかだし、家庭の状況、我が家の趣味に合わせた最適なパッケージを用意してくれるし、メンテナンスサービスも完璧なので安心だ。おまけに、自分で家電品を購入して、高い処分費を払って廃棄することを考えると、トータルのライフサイクルコストと機能の満足度の点で、ユーザが得するように設定されている。

このパンフレットでは、この「永久家電」のイメージを実現するライフサイクル設計について、その基本的な考え方を探ってみよう。

脚注

(財)機械システム振興協会でも、リース・レンタルをベースとした家電システムの検討が行われているようであるが、ここでは家電は飽くまで例であり、機能販売にポイントがある。(財)機械システム振興協会:「リース・レンタルをベースとした家電販売リサイクルシステムの実現可能性に関する調査研究」報告書、システム技術開発調査研究、12-R-11、(2001)参照

永久家電のイメージ (図3)



4. ライフサイクル設計

ライフサイクル設計で最も重要なことは、ビジネス戦略と対象製品のライフサイクル特性に最適なライフサイクル・オプション(9ページ参照)を適切に組み合わせること(ライフサイクル・オプションのベストミックス)である。

ライフサイクル設計の目的

ライフサイクル設計の目的は、インバース・マニュファクチャリングを実現する製品ライフサイクルを設計することである。このためには図4に示すように、対象製品のライフサイクル特性を十分に把握し、ビジネス戦略の策定、ライフサイクル・オプションのベストミックスの選択、製品設計、プロセス設計を統合的に行う必要がある。既存の製品のライフサイクル特性に合わせて、ビジネス戦略やライフサイクル・オプションを決める場合も多いであろうが、より高度な循環を実現するためには、ビジネス戦略やライフサイクル・オプションの組み合わせを変革することによって製品のライフサイクル特性を大きく変革する(図4の右側から左側への設計)ことが重要である。

製品ライフサイクル特性の把握

図4では、主な製品ライフサイクル特性として8項目挙げた。この中で製品の寿命(物理寿命、価値寿命)が鍵となるのであるが、それ以外にも製品の販売期間、製品カテゴリーの寿命(8mmビデオなど製品カテゴリーがどのくらいの期間、市場に存在するか?)、使用量・廃棄量(単品生産物と大量生産する物ではおのずからその処理方法が異なる)、使用方法・ユーザ(どういう人もしくは企業がどういう使い方をするか)、製品の構造、回収システムの有無などを十分に把握する必要がある。

ここで製品の「寿命」とは何であろうか。製品の寿命には、従来の意味で製品が故障する、劣化

するといった物理寿命と、製品自体は正常に動作するのに、パソコンや携帯電話に見られるように新製品に比べて機能が大幅に劣った、デザインが古くなったために捨てられてしまうという意味での価値寿命があり、実は現代のコンシューマー・プロダクツでは価値寿命が支配的な製品が多いのである。インバース・マニュファクチャリングの意味は、別の言い方をすれば、価値寿命を維持、向上させながら、物理寿命まで製品や部品を使い尽くすということなのである。

ライフサイクル設計の流れ

図5にライフサイクル設計の全体の流れを示す。世の中では、分解性設計、リサイクル性設計、リサイクル適合材料設計など、いわゆる環境調和型設計技術が研究、実践されている。これらは重要な要素設計技術であるが、図5に示すように、それ以前にビジネス戦略やライフサイクル・オプションの組み合わせなどをきちんと決めておかなければならない。やみくもに分解性設計を行っても、それは多少のリサイクル性向上に寄与するであろうが、循環生産の実現に貢献するとは限らない。このライフサイクル設計の上流段階の考え方を明確にするというのがこのパンフレットの目的の一つである。

脚注

それぞれ環境調和型設計のための要素設計技術。分解性設計は製品を分解容易にする設計であり、リサイクル性設計は、リサイクルしやすく製品を設計すること、リサイクル適合材料設計は、リサイクルに適した材料の設計技術のことである。

ライフサイクル設計の目的 (図4)

製品のLC特性

物理寿命
価値寿命
販売期間
製品カテゴリーの寿命
使用量・廃棄量
使用方法・ユーザー
製品の構造
回収システム

ライフサイクル設計

ビジネス戦略
ライフサイクル・オプション
製品設計
プロセス設計



ライフサイクル設計の流れ (図5)

ビジネス戦略の策定

環境目標の策定

製品コンセプトの作成

ライフサイクル・オプションの
ベストミックスを選択

製品設計
分解性
リサイクル性
リユース性
アップグレード性
などの要素設計技術

プロセス設計
生産プロセス
使用プロセス
メンテナンスプロセス
回収プロセス
リサイクルプロセス
などの設計

ライフサイクル評価
(ライフサイクルアセスメント、
ライフサイクルコストリングなど)

実システムの実現

5. ライフサイクル設計実現のためには

循環方法の選択肢を示すライフサイクル・オプションにはそれぞれ適用するための条件がある。それぞれの適用条件を充分把握した上で、ライフサイクル・オプションのベストミックスを考えることがポイントである。

ライフサイクル・オプションの分類

ライフサイクル・オプションとは、広い意味での循環方法の選択肢のことであり、図6のように分類できる。図に示すように、ライフサイクル・オプションは、使い終わった後どうするか（「所有権移転」）、使用中の長寿命化（「使用継続」）および、製品を作る前の「設計変更」に大別され、さらにそれぞれがリカバリー、リユース、メンテナンス、リデュース、...と徐々に分類されてゆく。

ライフサイクル・オプションの適用条件

図6に示したライフサイクル・オプションにはそれぞれ適用条件がある。表1に適用条件をまとめて示すが、ライフサイクル・オプションのベストミックスを実現するために以下のような順番で考えることが重要である。

(1) リデュースとメンテナンス

製品の省資源化、省エネ、長寿命化、脱物質化（出来るだけ物質を使わずにより高度な機能、サービスを提供すること）などを含むリデュースと製品を長寿命化するメンテナンスは、第一に採用を検討すべきオプションである（企業の側に立てば、企業利益の維持、向上と雇用確保を前提とした上でという付帯条件が付くが）。注意すべきことは、製品全体の寿命を決定する部分が価値寿命なのか、物理寿命なのかによって、アップグレード設計とアップグレード・メンテナンス、部品の長寿命化設計と機能維持メンテナンスを適切に使い分けることである（例えば、価値寿命部品を長

寿命化しても意味がない）。

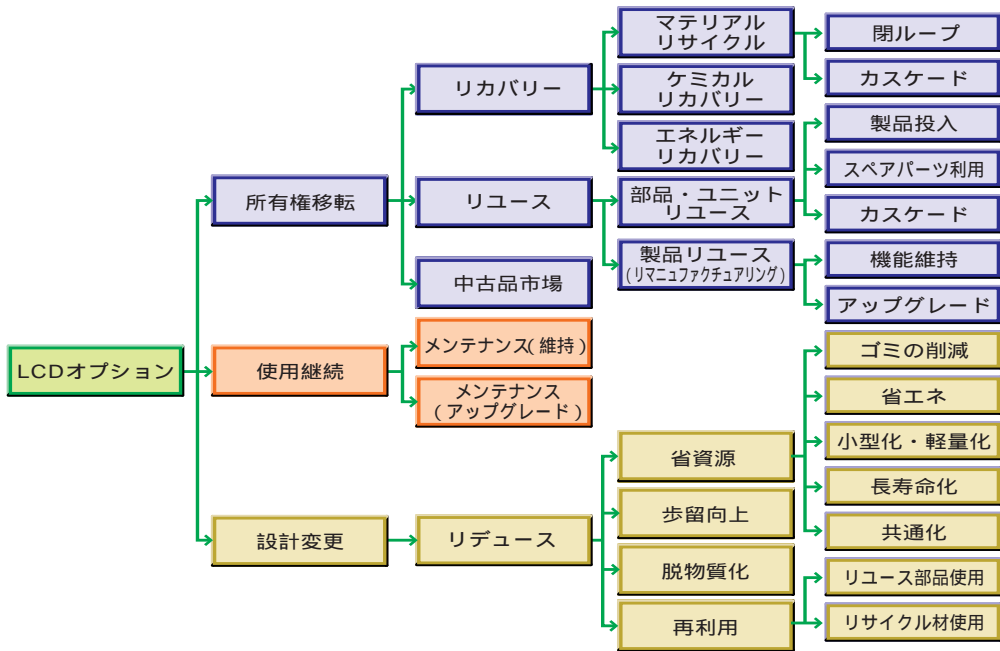
(2) リユース

製品は、それを構成するごく少数の部品の価値寿命が物理寿命のために廃棄されるため、残りの部品の物理寿命を使い尽くすためには、製品や部品のリユースは大きな意義がある。リユースについては11ページで改めて議論する。

(3) 最終処理

製品はリユースしようとしまいと、最終的には埋立などの最終処理、リサイクル、エネルギーリカバリーを行わなければならない。これらの選択には、最終処分場枯渇問題（材料リサイクル、エネルギーリカバリーが有効）、温暖化問題（適正廃棄、場合によっては材料リサイクルが有効）、資源・エネルギー枯渇問題（リサイクル、エネルギーリカバリーが有効）のどれが重要かという社会的コンセンサスにより優先順位が変わるが、材料リサイクルは、「リサイクルすることにより、バージン材やエネルギーの生産、使用が直接的、間接的に減る」場合にのみ有効であり、それ以外は一種のゴミ処理の手段であることを忘れてはならない。

ライフサイクル・オプションの分類 (図6)



ライフサイクル・オプションの適用条件 (表1)

		価値寿命部分		物理寿命部分	
		意匠部分	機能部分	構造部分	消耗部分
リデュース	省資源				
	長寿命化	x	x		
	アップグレード設計			x	x
メンテナンス	アップグレード			x	x
	機能維持	x	x		
リユース		以下の四式を満たす部分(, , , は戦略的に決定する定数) (1) (モジュール物理寿命 - モジュール使用時間) / 製品物理寿命 > (2) リユースコスト / (製造コスト + 処理リサイクルコスト) < (3) リユースモジュール価値 / 要求価値 > (4) 限界リユース率 > 特に式(3)が支配的(d価値 / dt < 0) 特に式(1)が支配的			
	材料リサイクル	リサイクルすることによりバージン材やエネルギーの使用が減るならば			
最終手段 (これらは最終手段として必要不可欠)	エネルギーリカバリー	回収エネルギー > 処理に必要なエネルギー 減容化の重要度が、燃焼により発生するCO2やエミッションの問題に比べて重要			
	適正廃棄	貯蔵するための最適な形態にまで安全、容易に処理が行えること 長期の貯蔵の間に、有害物が流出しないこと 長期の貯蔵コストが受け入れ可能なこと 長期の貯蔵後に、容易に資源が取り出せる方法で貯蔵すること			

6. リユースの可能性とチャレンジ

リユースを促進するためには、ビジネス戦略や製品設計戦略の変革、高度なライフサイクル・マネージメントの実現が不可欠であるが、リユースは使用済み製品に残った部品の寿命を使い尽くすという意義があるライフサイクル・オプションである。

リユースの分類

リユースとは、「製品から製品を構成するサブシステムや部品を取り出して再生し、同じ機能で再使用すること」である。リユースには、(i)使用済み製品から取り出した部品を同一・類似機種のメンテナンスの際に利用するスペアパーツリユース(コンピュータで良く行われている) (ii)取り出した部品を製品製造のために利用する製品組込リユース(レンズ付きフィルムや再生複写機など) (iii)取り出した部品や製品を他の製品に転用したり、再生して別市場で使用するグローバルリユース(自動車用エンジンをモーターボートで使用するなど)の三種類がある(図7参照)。ここでは簡単のため、製品組込リユースを例に議論を進めよう(他のリユースについても条件が変わるだけで同じ議論が展開できる)。

リユースの難しさとビジネス戦略や製品設計戦略変革の必要性

リユースは、これまでゴミとして扱っていた部品をバージン部品と同様に扱おう、つまり市場を部品倉庫と考えるというのであるから、当然そこに難しさがある。その難しさは簡単に言えば、10ページの表1に示した以下の四点である。

寿命の問題(式(1))：取り出した部品に残っている物理寿命がこれから投入する製品の物理寿命より長いのか、すぐ壊れないか。短い場合にはメンテナンスを前提にライフサイクルを組む必要がある。この問題は物理寿命部品で重要になる。

コストの問題(式(2))：リユースするコストがバージン部品の製造コストやリユース部品をリユースしない場合の処理コストと比べて許容範囲に収まるか。レンズ付きフィルムや複写機の事例でも経済的にはなかなか黒字にならない。リユースにはいろいろな手間(回収、クリーニング、品質検査の手間など)がかかるためなかなか難しい。しかし、ライフサイクル設計とライフサイクル・マネージメントによるライフサイクル全体での効率化によるコストダウンと、資源・エネルギー枯渇に伴うコスト上昇や炭素税による順工程側のコストアップにより、将来的にはライフサイクル全体として経済的にプラスになりうる。

価値の問題(式(3))：取り出した部品の残存価値が投入先の製品の要求価値を満たしているか。例えば、古いパソコンから取り出した100MBのハードディスクは正常でもなかなか使用先は無い。リユースする部品の価値寿命が短い場合には、アップグレード・メンテナンスをライフサイクルに織り込んでおく必要がある。機能寿命部品で重要になる課題である。

限界リユース率の問題(式(4))：古い製品からリユース可能な部品を取り出しても、それを使える製品を製造していないとリユースできない。限界リユース率というのは、製品の寿命と販売期間から決まる、時間的な意味でのリユース可能率の上限を示す値のことである。部品を取り出す製品と投入先の製品が同一の機種とすれば、図8の重なりが示す、製品回収と製品製造が同時に行われている場合のみがリユース可能である。総生産台数に対するこの重なり面積の割合を「限界リユース率」と呼ぶことにする。すなわち、いかにリユース性設計を行おうとも、この限界リユース率を超えてはリユースできないのである。例えば現状の家電製品などでは製

品製造期間と製品回収期間が重なり合っており、製品組込リユースが不可能なのである。

リユースを成功させるためには、ビジネス戦略や製品設計戦略を変革し、高度なライフサイクルマネジメントを実現することによって、上で述べた四つの式を満たすことが大切になる。

例えば、限界リユース率の問題については言えば、製品投入リユースの場合には、図8に示した重なり部分を大きくする必要があり、このとき、多くの場合ある企業は基本設計が同じであるが、性能やオプションが異なる複数の機種を同時期に発売することが多い（ここではこれを「製品シリーズ」と呼ぶ）（図9参照）。限界リユース率を高めるためにはシリーズ内での部品間の共通化を高める必要がある（部品の共用化）。一方、ある製品の販売期間というものは限られており、次々と後継機と呼ばれる製品が設計、販売される。この機種間での関係をここでは「世代」と呼ぶ。設計を根本的に変更せず、現行機種の改良設計によって新製品を開発する場合も多く見受けられ、ある機種の部品を次世代の製品にリユースすることを「世代間リユース」と呼ぶこととする。当然、世代間で自動車のメジャーチェンジ、複写機のアナログ方式からデジタル方式への変更など大幅な設計変更が行われた場合には、この世代間リユースの可能性は低くなる。しかし、この場合でも物理寿命や価値寿命が長い部品はあるはずで、これらの寿命の長い部分と短い部分を明確に分離して、世代間での部品の共通化（部品の固定化）を行うことが限界リユース率を大幅に向上させる有効な方法である。

製品組込リユースが有効でない製品ライフサイクルに置いて、スペアパーツリユースを検討する価値がある（図10にスペアパーツリユースにおける限界リユース率を示す）。製造メーカーは販売した製品に対して一定の期間サービスパーツを

保有することが義務づけられているが、これは大幅な在庫コストを抱えることと同義である。スペアパーツリユースが軌道に乗れば、スペアパーツの倉庫が市場の稼働製品ということになり、この在庫コストが大幅に削減できる可能性があるため、ビジネス的に成立可能性が高い。このタイプのリユースが有効な製品カテゴリーは、一定のメンテナンスが常に必要となる製品である。実際、例えば、アメリカの自動車、建設機械市場では独立系のスペアパーツリユース業者がビジネスとして成功している。まとめると、

製品組込リユースを促進するポイント

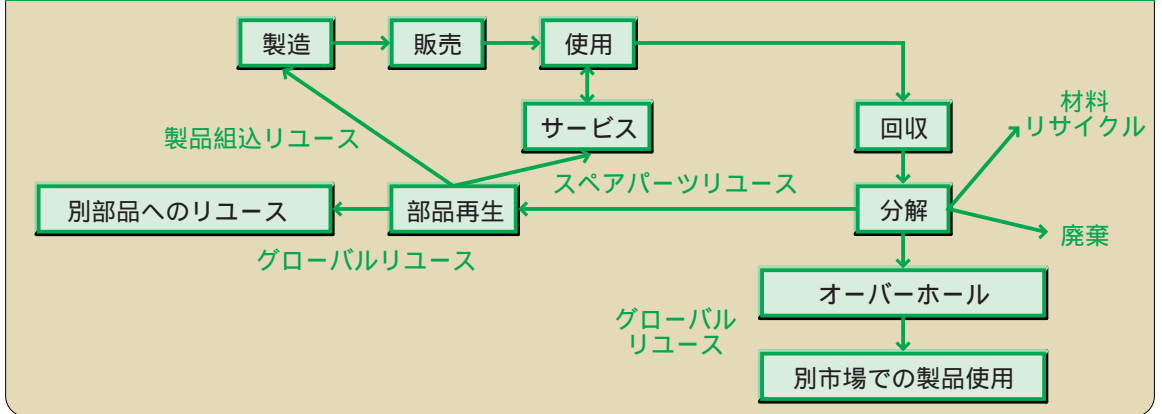
- 技術がある程度安定し、部品の共用化や固定化が可能な製品を対象とすること
- 限界リユース率を高くすること
- 回収率やリユース対象部品の良品率を高めること

スペアパーツリユースを促進するポイント

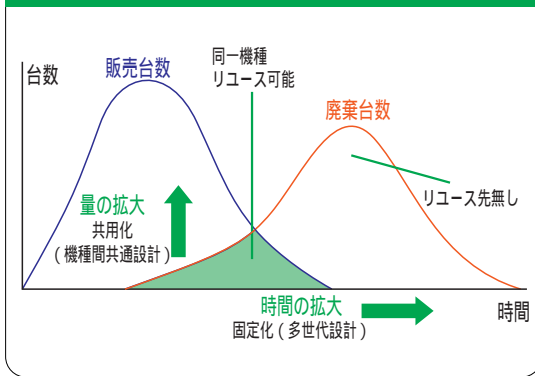
- 長寿命でメンテナンスが必要な製品を対象とすること
- 廃棄の分布が広い製品を対象とすること（自動車がスペアパーツリユースに適していると考えられる理由は、事故により一定の確率で廃車が発生するからである）
- 対象部品は長寿命かつ偶発故障期の故障率が高いこと
- 限界リユース率を高くすること
- 回収率やリユース対象部品の良品率を高めること

以上のように、ビジネス戦略、製品設計（特に、多世代設計）、プロセス設計の変革と、リユースの促進は不可分な課題であり、逆に言えば、どんな製品であれ、これらの課題を抜本的に見直せば、リユースは可能なのである。

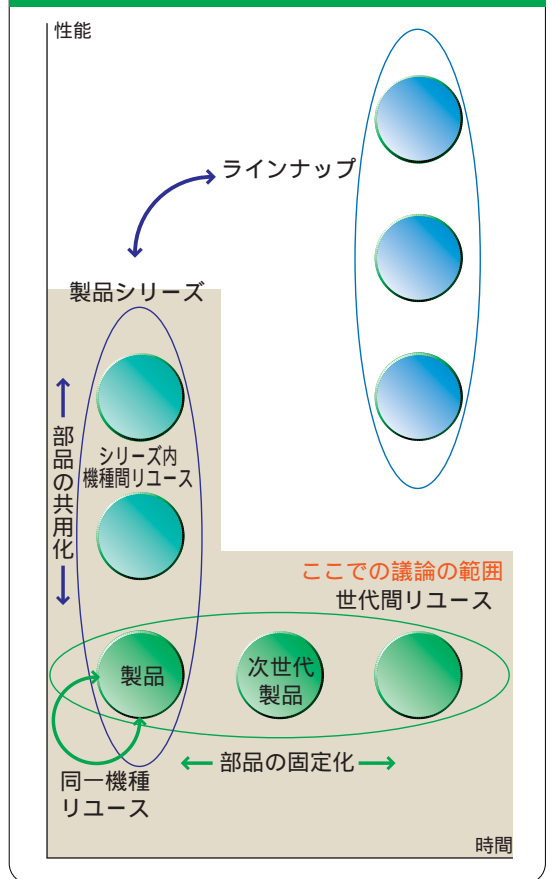
リユースの三分類 (図7)



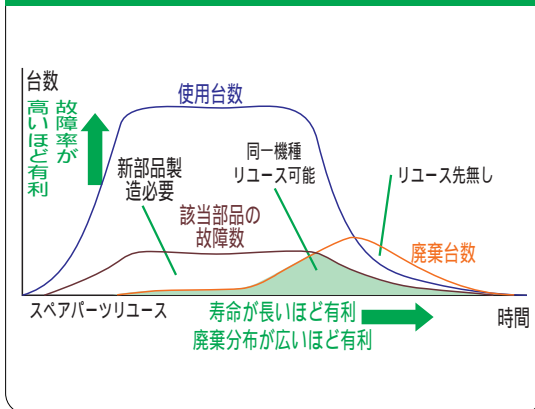
製品投入リユースの限界リユース率 (図8)



製品シリーズと世代 (図9)



スペアパーツリユースの限界リユース率 (図10)



7. 今後の課題

以上、インバース・マニュファクチャリングのコンセプトとライフサイクル設計の基本的な考え方を述べて来たが、いくつか触れられなかった課題がある。最後にこれらについて触れよう。

ビジネス戦略の策定

このパンフレットでも再三、新しいビジネス戦略策定の重要性を指摘してきた。「ものの販売から機能やサービスの提供へ」、「機能契約と製品レンタルによる、ライフサイクル・マネージメントと顧客関係維持」といった方向性は示している。さらに、販売によらない製品提供形態の特徴は表2のようにまとめられる。しかし、新しいビジネス戦略を打ち立てる方法論、さらには、現状の古いビジネスから新しいビジネス戦略に変革する方法論はいまだ明らかでない点が多い。

ライフサイクル・マネージメントの方法

ライフサイクル設計を行い実現した製品ライフサイクルの管理の戦略、方法の検討も今後の課題の一つである。広い意味では、現在大きなコスト要因となっている使用済み製品の回収システムの構築もこの課題の中に含まれる。IT技術を使って、様々な情報、例えば使用中の個々の製品の使用状況、所在、故障履歴などの情報を収集することが有効である。

要素技術

ライフサイクル設計とライフサイクル・マネージメントを支える要素技術開発に対するニーズは数え切れないほどある。例えば、洗浄技術、プリント基板再生技術、寿命予測技術、劣化診断技術などである。ライフサイクル設計者はこれらの技術を常にウオッチしておくことが必要である。

マーケットと消費者

「はじめに」でも述べたように、循環生産を実現する上で、消費者、市民の役割は極めて重要である。環境にやさしい製品が従来型の製品より売れなければ、どれほど努力しても企業はその製品を作り続けることができない。具体的には、製品購入時の判断、適切な長期使用、メンテナンスの判断、製品廃棄時の対応など消費者の個々の行動と判断が極めて重要な意義と責任を負う。さらには、消費者とメーカーが共創的に循環生産の仕組みを作り上げてゆくことが大きな課題である。

社会インフラの問題

循環生産は単独に成立できるものではなく、その前提として、循環型経済社会が成立している必要がある。例えば、法律や税制も循環生産に適応させる必要があるし、使用済み製品の回収が容易に、低コストで実現できる社会的なインフラも整える必要がある。

グローバル化と国際標準の問題

環境問題や循環生産は我が国だけの問題ではなく、言うまでもなく地球全体の問題である。一方で、製造業の生産拠点の海外進出は一般的であるし、環境に関する基準、規制がグローバル化されていないと、規制の甘いところにしわ寄せが来ることも容易に予想できる。さらには、逆工程は人手がかかることが多いのであるが、国内外の賃金格差、賃金が安い外国人労働力をどのように考えるかという問題もある。このような状況の中で、循環生産が日本国内で完全に閉じる状況だけを想定するのではなく、グローバルな循環生産も検討する必要がある。

経済性の問題

リサイクルの経済性は悪い、儲からないという言葉をよく耳にするが、インバース・マニュファクチャリング型の循環生産も短期的には儲からない可能性がある。しかし、このパンフレットで強調したいことは、ライフサイクル設計、すなわち、ビジネス戦略、ライフサイクル・オプションのベストミックス、製品設計などを統合的に考える智慧によって、ライフサイクル全体で見れば必ず経済性にも優れた循環生産を実現できるということなのである。この時間的にも、空間的にも広い視野が極めて重要である。

忘れてはならないのは、これらの課題が解決されないとインバース・マニュファクチャリング型の製品ライフサイクル設計が行えないわけではなく、ポイントはライフサイクルの視点からの統合化とシステム化にあるので、やる気さえあれば明日からでも実現できるはずである。これらの課題の解決は、それをさらに高度化し、よりよいモノにするために必要なのである。

販売によらない製品提供形態（表2）

キーワード	特 徴	適合する製品の特徴
レンタル/リース	複数のエンドユーザで使いまわす 所有権がエンドユーザに移らないため、専門家による保守がしやすい 所有権がエンドユーザに移らないため、回収が容易	利用時間が一時的 製品がコンテンツの提供媒体である 購入すると高価 保管に場所、特別な施設などが必要 保守が必要
機能販売	一般ユーザの可処分所得をモノ以外で消費するため、モノの消費額が小さくなる モノを媒介とする機能販売は、レンタル、リースの特性を有する	専門技術が必要 専門設備が必要 大量処理で効率向上
機能アップ	買い替えを行わず、既存のモノを有効活用する	本体が高価格 本体が長寿命 機能の独立性が高い
ユーザによるフィールド保守	保守しないと短寿命になるものを、ユーザ自らが保守可能な形態にし、長寿命化する	標準化されている 交換が容易な設計がなされている

付 録

1 関連するWebサイト

<http://www.mstc.or.jp/>に関連するWebサイトのリストがあります。

2 参考図書リスト(もっと知りたい人のために)

番号	著者/編者/監修	書名	出版社	発行年
1	吉川弘之+IM研究会	逆工場	日刊工業新聞社	1999
2	梅田靖 編著	インバース・マニファクチャリング - ライフサイクル戦略への挑戦 -	工業調査会	1998
3	吉川弘之	テクノグローブ	工業調査会	1993
4	上野潔、時田祐佑、 松村恒男	家電製品のリサイクル100の知識	東京書籍	2001
5	安井至 監	リサイクルの百科事典	丸善	2002
6	安井至	市民のための環境学入門	丸善ライブラリー	1998
7	川口勝之	地球環境システム設計論		
8	山本良一	クリーンエネルギー利用次期社会の総合システム	九州大学出版会	1992
9	松田美夜子	戦略環境経営 - エコデザイン - Buy Recycled(バイ・リサイクルド)	ダイヤモンド社	1999
10	オフィスゼロ 編	庭木ごみ、びん・缶から建材まで挑戦するアメリカ	日報出版	2001
11	山本良一、益田文和+ DMNエコデザイン研究会	環境・リサイクル施策データブック2001	オフィスゼロ	2001
12	富士総合研究所	エコデザイン ベストプラクティス100	ダイヤモンド社	1999
13	PHP研究所 編	図解 産業リサイクルのしくみ リサイクル知識はもはやビジネスの「常識」です!!	東洋経済新報社	2001
14	加藤三郎 編	国際理解ってあもしろい!! 100年でなにが変わったか? 5 使いつて"から"リサイクル"へ 環境と暮らしの100年	PHP研究所	2001
15	広田民郎	かしこいリサイクルQ&A(岩波ブックレット 531) 21世紀クルマのリサイクルのすべて リサイクルパーツで30万Km走ろう!	岩波書店	2001
16	通商産業省 機械情報産業局 電気機器課 編	リサイクル文化社(星雲社)		2000
17	通商産業省	通産省リサイクルシリーズ5 家電リサイクル法 〔特定家庭用機器再商品化法〕の解説	経済産業調査会	2000
18	中村三郎	リサイクルビジネス最前線21世紀のエコテクノロジー	朝日ソノラマ	2000
19	本多淳裕、進藤秀夫、 柳澤孝成	CMCテクニカルライブラリー プラスチックリサイクル技術	シーエムシー	2000
20	プラスチックリサイクル研究会 編	最新プラスチックのリサイクル100の知識	東京書籍	2000
21	松田美夜子	New 新書 本当のリサイクルがわかる本	ベストセラーズ	2000
22	山谷修作 編	廃棄物とリサイクルの公共政策	中央経済社	2000
23	エコビジネスネットワーク 編	エコビジネスネットワークリサイクル辞典/絵で見てわかる	日本プラントメンテナンス協会	2000
24	山中唯義 編	CO2・リサイクル対策総覧 環境経営・政策・制度編	マイガイア(通産資料調査会)	1999
25	元田欽也、大山長七郎	わかりやすい廃棄物・リサイクルの実務計算	オーム社	1999
26	東芝環境リサイクル 技術研究会 編	電気・電子機器リサイクル技術絵とき基本用語	オーム社	1999
27	S.パーカー 著 高野尚好 監宮田利幸 校閲	わたしたちの地球環境 人類が生きてのびるために6-GOMI, リサイクル, 再利用	小峰書店	1999
28	日本貿易振興会 編	21世紀・世界のリサイクル 欧米に学ぶ	日本貿易振興会	1999
29	山際康之	リサイクルを助ける製品設計入門	講談社	1999
30	永田勝也、山谷修作、倉飯智子	リサイクル文化58家電リサイクル法成立と循環型社会	リサイクル文化社(星雲社)	1998
31	松田美夜子	ヨーロッパリサイクル事情 ライフスタイルと排出抑制	日報企画販売	1998
32	環境省 編	平成13年度版 循環型社会白書	ぎょうせい	2001
33	多谷千香子	循環型社会・医・薬事犯をめぐる101問	立花書房	2001
34	植田和弘、喜多川進 監 安田火災海上保険 他編	循環型社会ハンドブック	有斐閣	2001
35	片谷孝教、鈴木嘉彦	循環型社会入門	オーム社	2001
36	循環型社会法研究会 編	循環型社会形成推進基本法の解説	ぎょうせい	2001
37	濵井伸一、森千里、植田和弘、大塚直	循環型社会 科学と政策	有斐閣	2000

付 録

番号	著者 / 編者 / 監修	書名	出版社	発行年
37	農政ジャーナリストの会 編	循環型社会と農業	農林統計協会	2000
38	恒和オー・アンド・デイ研究所 編	循環型社会に至るひとつの道	開成出版	2000
39	松本有一	循環型社会の可能性	関西学院大学出版会	2000
40	植田和弘、総合開発研究機構 編	循環型社会の先進空間	農山漁村文化協会	2000
41	田端正広	循環型社会	ヒューマン・ドキュメント社(星雲社)	2000
42	鈴木幸毅 編	循環型社会の企業経営	税務経理協会	2000
43	川名英之	どう創る循環型社会	緑風出版	1999
44	電力中央研究所 編、依田直 監	循環型社会	エネルギーフォーラム	1998
45	吉野敏行	資源循環型社会の経済理論	東海大学出版会	1996
46	産業リサイクル辞典編集委員会 編	産業リサイクル辞典資源循環型社会&ゼロエミッションをめざして	産業調査会辞典出版センター	2000
47	三橋規宏	ゼロエミッションのガイドライン / 廃棄物のない経済社会を求めて	海象社	2001
48	千葉三樹男	トヨタ「環境経営」ゼロエミッションへの挑戦	かんき出版	2001
49	日本学術振興会、鈴木基之	ゼロエミッション型産業をめざして 産業における廃棄物再資源化の動向	シーエムシー	2001
50	ギンター・A. . パウリ、 近藤隆文	アップサイジングの時代が来る ゼロエミッションと雇用の創出	朝日新聞社	2000
51	山際康之	ライフサイクルデザインのための組立性・分解性工学		
52	梅田富雄 訳	環境にやさしい設計ガイド		
53	「プラスチック」編集部 編	実際に学ぶ 環境対策実践ガイド		
54	(社) 未踏科学技術協会 エコマテリアル研究会 編	LC Aのすべて		
55	フリットヨフ・カブラ、 グンター・パウリ 編赤池学 監訳	ゼロ・エミッション / 持続可能な産業システムへの挑戦	ダイヤモンド社	1996
56	T. E. グレーデル、 B. R. アレンビー 著後藤典弘 訳	産業エコロジー	トッパン&ブレンティスホール	1996
57	E. ワイゼッカー、E. ロビンズ、 L. ロビンズ 著佐々木建 訳	ファクター 4	省エネルギーセンター	1998
58	山本良一 監訳	エコ・エフィシエンシーへの挑戦	日科技連	1998
59	植田和弘	廃棄物とリサイクルの経済学	有斐閣	1992
60	環境法政策学会 編	リサイクル社会を目指して	社団法人商事法務研究会	1999
61	廃棄物学会 編	改訂ごみ読本	中央法規出版	1998
62	細田衛士	グッズとパズルの経済学 - 循環型社会の基本原則 -	東洋経済新報社	1999
62	丸尾直美、西ヶ谷信雄、落合由紀子	エコサイクル社会	有斐閣	1997
64	吉田文和	廃棄物と汚染の政治経済学	岩波書店	1998
65	寄本勝美	ごみとリサイクル	岩波書店	1990
66	寄本勝美	政策の形成と市民 - 容器包装リサイクル法の制定過程	有斐閣	1998
67	酒井伸一	ゴミと化学物質	岩波書店	1998
68	外川健一	自動車産業の静脈部	大明堂	1998
69	永田勝也 監、上野潔、 寺崎政夫、岩田勇次	家電リサイクルリング	工業調査会	1999
70	本田淳裕、山田優	建設副産物・廃棄物のリサイクル	財団法人エネルギーセンター	1994
71	北村喜宣	産業廃棄物への法政策対応	第一法規出版	1998
72	田中勝 監	日米欧の産業廃棄物処理	ぎょうせい	1996
73	石川禎昭	新ごみ教養学なんでもQ&A	中央法規出版	2000
74	田中勝 編	廃棄物学総論	社団法人日本環境測定分析協会	1998
75	廃棄物学会 編	コンパクト版廃棄物ハンドブック	オーム社	1997
76	溝入茂	ごみの百年史 - 処理技術の移りかわり	学藝書林	1998
77	溝入茂	近代ごみ処理の風景	財団法人日本環境衛生センター	1995
78	佐野敦彦、七田佳代子	拡大する企業の環境責任	環境新聞社	2000
79	山口光恒	地球環境問題と企業	岩波書店	2000
80	高杉晋吾	北九州エコタウンを見に行く。 循環型産業都市モデル	ダイヤモンド社	1999
81	三橋規宏	ゼロエミッションと日本経済	岩波書店	1997
82	国際比較環境法センター 編	別冊 N B L no. 48 主要国における最新廃棄物法制	社団法人商事法務研究会	1998
83	通商産業省機械情報産業局電気機器課 編	家電リサイクル法〔特定家庭用機器再商品化法〕の解説	財団法人通商産業調査会出版部	1999
84	廃棄物法制研究会 監	改正廃棄物処理法等のポイント	中央法規出版	2000
85	リサイクル法令研究会 監	目でわかる! 容器包装リサイクル法 - 完全施行版	国政情報センター出版局	2000
86	梶原拓治	自動車リサイクル その現状と未来	工業調査会	2001
87	山際康之	環境調和型製品のモノづくり戦略と設計	日刊工業新聞	2002

3 インバースマニファクチャリング・フォーラム発行の報告書一覧 (お問い合わせは、フォーラム事務局までお願いします)

- 1 インバースマニファクチャリングに関する調査研究報告書 H8 / 3発行
- 2 インバースマニファクチャリングに関する調査研究報告書 H9 / 3発行
- 3 インバース・マニファクチャリングシステム開発プロジェクト調査研究報告書 H9 / 3発行
- 4 インバース・マニファクチャリング製品環境情報システムのプロトタイプモデルの開発に関するフィージビリティスタディ報告書 H9 / 9発行
- 5 インバースマニファクチャリングシステム開発プロジェクト調査研究報告書 H10 / 3発行
- 6 インバース・マニファクチャリング製品環境情報システムのプロトタイプモデルの開発に関するフィージビリティスタディ報告書 H10 / 7発行
- 7 自動販売機のリサイクルに関する調査研究報告書 H11 / 3発行
- 8 インバースマニファクチャリングシステム開発プロジェクト調査研究報告書 H11 / 3発行
- 9 インバースマニファクチャリング経済社会システム適用調査 H12 / 3発行
- 10.平成11年度 ライフサイクル設計の調査研究報告書 H12 / 3発行
- 11.平成10年度 インバース・マニファクチャリングシステムの開発 H12 / 3発行
- 12.インバースマニファクチャリング経済社会システム適用調査 H13 / 3発行
- 13.平成12年度 製品環境評価手法の調査研究報告書 H13 / 3発行

4 インバースマニファクチャリング・フォーラム ライフサイクル設計委員会 委員名簿 (設立から現在まで)

<p>委員長 梅田 靖 東京都立大学</p> <p>委員 赤井 富一 オムロン(株)</p> <p>石田 智利 (株)日立製作所</p> <p>伊藤 光一郎 (株)小松製作所</p> <p>上野 潔 (財)家電製品協会(三菱電機(株))</p> <p>太田 春夫 富士電機(株)</p> <p>大西 章 シャープ(株)</p> <p>大野 雅史 日産自動車(株)</p> <p>緒方 順一 日本鋼管(株)</p> <p>(日本鋼管テクノサービス(株))</p> <p>岡田 英生 シャープ(株)</p> <p>岡村 宏 芝浦工業大学</p> <p>岡本 享二 日本アイ・ピー・エム(株)</p> <p>小川 康暢 (株)ジェムコ日本経営</p> <p>落合 紘一 マツダエース(株)</p> <p>木村 文彦 東京大学</p> <p>近藤 康雄 鳥取大学</p> <p>小林 英樹 (株)東芝</p> <p>近野 真智子 (株)山武</p> <p>三枝 信雄 日産自動車(株)</p> <p>酒井 康一 ソニー(株)</p> <p>坂本 宏 秋田県立大学</p> <p>鈴木 孝和 経済産業省</p> <p>鈴木 宏正 東京大学</p> <p>高橋 淳 東京大学</p> <p>高橋 徹也 三菱電機(株)</p>	<p>委員 田中 信寿 北海道大学</p> <p>鳥取 敬史 ミノルタ(株)</p> <p>富山 哲男 東京大学</p> <p>内藤 知子 三菱電機(株)</p> <p>永井 英幹 産業技術総合研究所</p> <p>萩原 壽夫 (社)電線総合技術センター</p> <p>長谷川 宏 (社)電線総合技術センター</p> <p>服部 光郎 産業技術総合研究所</p> <p>深野 彰 富士写真フイルム(株)</p> <p>福元 裕彦 (株)神戸製鋼所</p> <p>藤本 淳 日本電気(株)</p> <p>増井 慶次郎 産業技術総合研究所</p> <p>三津石 源一 日本MH協会</p> <p>吉田 啓一 (社)日本事務機械工業会</p> <p>(松下電器産業(株))</p> <p>吉田 秀一 日本政策投資銀行</p> <p>渡辺 富夫 富士ゼロックス(株)</p> <p>オブザーバー 遠藤 秀明 経済産業省</p> <p>大森 伸一 経済産業省</p> <p>小澤 典明 経済産業省</p> <p>見目 省二 経済産業省</p> <p>牧内 勝哉 経済産業省</p> <p>松下 公一 経済産業省</p> <p>森下 泰 経済産業省</p> <p>吉田 健一郎 経済産業省</p>
--	--



インバース・マニュファクチャリング・フォーラムは、
産業界・学界・行政が一体となって循環型社会構築のために、
社会的側面、技術的側面から
具体的な調査・研究および啓発・普及に関する広報活動を行うことを目的に
(財)製造科学技術センター内に平成8年12月に設立された組織です。

<http://www.mstc.or.jp/inverse/main.htm>

発行

財団法人 製造科学技術センター

〒105-0002 東京都港区愛宕1-2-2 第9森ビル7F

TEL: 03-5472-2561/FAX: 03-5472-2567

Email: info@honbu.mstc.or.jp

<http://www.mstc.or.jp>

IV. 新環境評価委員会

新環境評価委員会 平成13年度の活動概要

1. 背景と目的

平成12年5月に循環型社会形成推進基本法が成立し、我が国においてもいよいよ持続可能な経済社会の構築に向けた本格的な取り組みが始まろうとしている。製造業界においても、拡大生産者責任の概念が法に盛り込まれたこともあり、いわゆる3R (Reduce, Reuse, Recycle) に対応した製品・サービスの提供が求められていくものと考えられる。そのためには、企画・設計者の意志決定支援ツールとしての標準性、利便性を追求した評価手法が必要である。

新環境評価委員会では、このような背景のもと

- ①手法の合理性を理解した上で簡便に使用できること
- ②製品やサービスの総体とした環境負荷をライフサイクル全体にわたり評価できること
- ③設計者・企画者等が環境配慮を行う上でのインセンティブとなること
- ④評価者の主観や先入観等の価値観の入り込む余地をできるだけ抑制すること

を狙いとして、新しい製品・サービスの環境負荷の定量評価手法の開発を行い、平成12年度までの事業により、これらを満たしうるような評価手法として「環境効用ポテンシャル評価手法 (Eco-Efficiency Potential Assessment:E2-PA)」の基本フレームが構築された。

平成13年度はこの結果を踏まえ、環境効用ポテンシャル評価手法の普及定着に向けて実用化における利便性の向上と外部へのアピール、並びに評価手法の補足研究を行った。

2. 活動の概要

2.1 委員会及びWGの開催

新環境委員会では4回の委員会を開催したほか、より細部に渡る検討をはかるためWGを設置した。

H13	7/19	第1回委員会
H13	9/5	第1回WG
H13	10/16	第2回委員会
H13	11/14	第2回WG
H13	12/12	第3回委員会
H14	2/19	第3回WG
H14	2/28	第4回委員会

2.2 その他の活動

環境効用ポテンシャル評価手法のオーソライズ及び普及定着に向けて、学会発表を行っ

た。

H13 10/31

廃棄物学会

H13 12/14

エコデザイン国際シンポジウム 2001

3. 成果の概要

3.1 基本フレームの再検討

環境効用ポテンシャル評価手法の基本フレーム及び計算式の見直しを行った。具体的には以下の1)～4)の検討を行った。特に大きな変更は1)であり、製品のMI、EI、RI、HIには使用中の資源消費等も含むものとした。また、基本フレーム計算式の全体を添付資料1に示す。

- 1) 強度と評価対象範囲の拡大（製品から技術やサービスまで拡大汎用化）
- 2) DIの位置付けと計算式の見直し
- 3) UIの省略
- 4) 用語、略称の整理、統一

表1 環境効用ポテンシャル評価手法における強度の定義

強度	一般定義 (サービス、技術、社会全般)	製品評価における定義			
		定義	製造	使用	廃棄
MI 物質資源強度	物質量を統合的に表す資源強度	製品の製造(MI _p)、使用時(MI _u)に投入される材料物質を統合的に表す資源強度	○	○	
EI エネルギー資源強度	エネルギー量を統合的に表す資源強度	製品の製造(EI _p)、使用時(EI _u)に投入されるエネルギーを統合的に表す資源強度	○	○	
HI 有害物質資源強度	無害化に要する資源量として、物質の有害性を統合的に表す資源強度	製品の製造(HI _p)、使用時(HI _u)に投入される有害物質(使用時、廃棄時等の非意図的生成を含む)を統合的に表す資源強度	○	○	
RI 再生資源強度	リサイクル(リユース、エネルギー回収含む)による資源の節約効果を統合的に表す資源強度	製品の使用時(RI _u)。廃棄時(RI _w)のリサイクル(リユース、エネルギー回収含む)による資源の節約効果を統合的に表す資源強度		○	○
DI 長期使用化資源強度	(DIは製品のみ適用)	製品の長期使用化と資源消費の抑制の両立(DI _u)を評価する資源強度		○	
UI 効用強度	効用を表す強度	製品の使用時(UI _u)における総効用量を表す強度		○	
WI 廃棄物資源強度	廃棄物の埋立等処分量を表す資源強度	製品の使用時(WI _u)、廃棄時(WI _w)において発生する廃棄物の埋立等処分量を表す資源強度		○	○
PI 汚染資源強度	化学物質等による自然環境及び人体への影響を表す資源強度	製品のライフサイクル全般(PI _p 、PI _u 、PI _w)において発生する化学物質等による自然環境及び人体への影響を表す資源強度	○	○	○

※添字の意味 _p 製造段階 _u 使用段階 _w 廃棄

3.2 HI(有害物質強度)評価式の検討

物質の有害性は、その無害化に要する資源量としてポテンシャル的に評価するものとし、妥当性ある評価式や有害物質の整理等を行った。

- ・既存の無害化処理プロセスの適用によるH I（塩素系樹脂、フロン等）

【基本式】 $H I_1 = H_m \times E_d$

- ・バージン材の生産投入資源強度代替によるH I（重金属等）

【基本式】 $H I_2 = H_m \times E_m / (C_h / C_m)$

- ・基準物質に対する重み付け代替によるH I（汎用）

【基本式】 $H I_2 = H_m \times E_s \times P_h$

H_m：有害物質使用量 E_d：無害化処理の投入資源強度原単位

E_m：主生産物の精錬の投入資源強度原単位 C_h：鉱石中の当該物質濃度

C_m：鉱石中の主生産物濃度 E_s：基準物質の無害化処理の投入資源強度原単位

P_h：基準物質に対する有害物質係数

（健康被害、生態系影響、オゾン層破壊係数等についての基準物質との比）

表 2 H I 計算手法の例

区分	カテゴリ	品目	無害化処理	バージン材の生産投入源量による代替	基準物質に対する重み付け代替
廃棄 (製品含有)	重金属	鉛	鉛蓄電池リサイクル	銅精錬	(基準)
		カドミウム	ニカドリサイクル	亜鉛精錬	毒性値換算 (USES等)
		ヒ素		〃	〃
		水銀	ばい焼		〃
		六価クロム			〃
		その他重金属等		各種地金等生産	〃
	フロン		触媒分解 プラズマ分解		オゾン層破壊係数換算
樹脂ハロゲン	PVC、PVDC 難燃剤		脱塩素処理 金属ナトリウム (ダイオキシン類) ばいじん溶融固化		臭素化ダイオキシン換算
製造工程	製造時薬品	有機溶媒等	廃液処理		
		めっき薬品等	〃		
		酸アルカリ	〃		
使用中	消耗品中の重金属等	(製品含有と同じ)	〃		〃
	非意図的生成物	NO _x 等	No _x 還元等		

3. 3 効用の検討

環境効用ポテンシャル評価手法における製品やサービスの効用について、定義や考え方の検討を行った。効用の検討結果を添付 2 資料に示す。

3.4 事例の作成

環境効用ポテンシャル評価手法による評価の分析例として、既存製品の評価事例を作成した。主なものを添付3資料に示す。

- ・ 冷凍冷蔵庫
- ・ 洗濯機
- ・ 電気炊飯器
- ・ 容器包装
- ・ 複写機

3.5 その他の検討

環境効用ポテンシャル評価手法の応用研究として、以下のものを行った。

1) リサイクル技術の定量的比較

リサイクル技術の定量的比較では、廃プラスチックのリサイクルについて材料リサイクル、原料リサイクル、エネルギー回収についてそれぞれのR Iを算出し、優劣が逆転する定量的条件等を分析した。

2) 原料リサイクルの整理

原料リサイクルの整理では、様々なタイプの技術の存在する原料リサイクルについて、手法の体系的整理と生産物の評価方法の検討等を行った。

3) 環境会計への応用

環境会計への応用では、プラントを製品、生産物を効用とみなすことによって事業所への環境効用ポテンシャル評価手法を適用する手法について検討した。

4) CO₂の資源換算

地球的な問題でありLCAでも多く取り上げられるCO₂について、環境効用ポテンシャル評価手法において資源強度として取り扱う方法を検討した。

添付資料1 環境効用ポテンシャル評価手法 (E2-PA) の計算式 (一般化)

強度	単位	計算式
MI		
物質資源強度	kg/y	物質を総合的に表す資源強度 \sum (投入量 [kg] / 可採年数 [y])
MIa	kg/y	\sum (投入量 [kg] / 疑似可採年数 [y])
MIb	kg/y	減少傾向の更新性物質資源強度 (略称: 減少性物質)
MIc	kg/y	増加傾向の更新性物質資源強度 (略称: 増加性物質)
MIId	kg/y	0
MIIf	kg/y	MIId と同様
MIIf	kg/y	(材料リサイクル工程の投入資源強度原単位 [kg/y/kg]) × 再生資源投入量 [kg] (再生材料の原料は既に自然界等から採取されているので、資源への負荷強度は持たないものとする)
MIIf	kg/y	(当該部品の部品リユース工程の投入資源強度 [kg/y]) (中古製品を用いる場合も同様とする)
EI		
小へ ネルギー資源強度	kg/y	エネルギーを総合的に表す資源強度 \sum (投入量 [kg:原料物質換算] / 可採年数 [y])
EId	kg/y	\sum (投入量 [kg:原料物質換算] / 疑似可採年数 [y])
EIf	kg/y	減少傾向の更新性エネルギー資源強度 (略称: 減少性エネルギー)
EIg	kg/y	増加傾向の更新性エネルギー資源強度 (略称: 増加性エネルギー)
EIf	kg/y	0
EIf	kg/y	(相対する減少性・枯渇性エネルギーがない場合)
EIf	kg/y	エネルギーを総合的に表す資源強度 \sum (投入量 [kg:原料物質換算] / 可採年数 [y])
EIf	kg/y	(エネルギー回収工程の投入資源強度原単位 [kg/y/J]) × 回収エネルギー投入量 [J] (エネルギーはその生産に必要な枯渇性物質に換算し、それぞれ可採年数で重み付けする)
HI		
小へ 害物質資源強度	kg/y	物質の有害性を無害化に要する資源強度として総合的に表す資源強度 有害物質の使用量 [kg] × 無害化処理投入資源強度原単位 [kg/y/kg]
HI1	kg/y	(有害物質の使用量 [kg] × 主生産物の精練の投入資源強度原単位 [kg/y/kg]) / (鉱石中の当該物質濃度 ÷ 鉱石中の主生産物の濃度) 主生産物: 鉱石からの精練過程において、当該物質を副産物とする材料
HI2	kg/y	有害物質の使用量 [kg] × 基準物質の無害化処理投入資源強度原単位 [kg/y/kg] × 基準物質に対する有害物質係数
RI		
大へ 再生資源強度	kg/y	リサイクル(リユース、エネルギー回収等) による資源の節約効果を総合的に表す資源強度 (製品の製造時の資源強度 [kg/y] × リユース製品期間率 × 性能維持率 × リユース可能製品回収率 ※) - (製品リユース工程の投入資源強度 [kg/y])
RI1	kg/y	\sum (活用対象部品の製造時の資源強度 [kg/y] × リユース部品期間率 × 性能維持率 × リユース可能製品回収率 ※) - \sum (リユース部品期間率 × 設計耐用期間 ※) × リユース可能製品回収率 ※
RI2	kg/y	\sum (活用対象部品の製造時の資源強度 [kg/y] × 耐用期間 ※) - \sum (リユース部品期間率 × 設計耐用期間 ※) × リユース可能製品回収率 ※
RI3	kg/y	材料リサイクル資源強度 ※ (活用対象量 [kg] / 可採年数 [y]) × 性能維持率 ※ × 材料リサイクル後の活用期間 [y] - \sum (材料リサイクル後の投入資源強度 [kg/y])
RI4	kg/y	原料リサイクル資源強度 ※ (原料リサイクル後の投入資源強度原単位 [kg/y/kg] × 活用対象量 [kg]) - \sum (原料リサイクル後の投入資源強度 [kg/y]) × 耐用期間 ※
RI5	kg/y	原料リサイクル資源強度 ※ (原料リサイクル後の投入資源強度原単位 [kg/y/kg] × 活用対象量 [kg]) - \sum (原料リサイクル後の投入資源強度 [kg/y]) × 耐用期間 ※
RI6	kg/y	エネルギー回収資源強度 ※ (エネルギー回収率 × 投入資源強度 [kg/y]) - (エネルギー回収率 × 投入資源強度 [kg/y])
RI7	kg/y	処理・処分資源強度
TI		
大へ 総合指標	α T/kg/y	評価対象の全体での総効用と総消費資源の比率 (ライフサイクル全体での総効用) / (ライフサイクル全体での総消費資源強度) = \sum α dL / (E I_p + M I_p - R I_w + H I_u + H I_u)
大へ 期使用化資源強度 (製品のみ)	T/kg/y	製品の長期使用化と資源の節約を表す資源強度 (製品設計寿命) / (製品設計寿命) × (製品設計寿命) = L / (E I_u + M I_u - R I_u + H I_u)
大へ 期使用化資源強度 (製品のみ)	T/kg/y	製品の設計寿命 (製品設計寿命) / (製品設計寿命) = L / (E I_u + M I_u - R I_u + H I_u)

物質及びエネルギーを可採年数で重み付けたもの。ただし、エネルギーはその生産に必要な枯渇性物質に換算したものを重み付けする。

回収された製品・部品が再度使用可能な期間の期待値。
 原油可採年数 ÷ (合成樹脂等 1kg の生産に要する原油量の比率)
 製品の設計性能に対するリユース製品あるいはリユース製品の性能の比。
 パーセン材料に対するリサイクル材料の物性(引っぱり強度等)の比
 パーセン原料の対応グレードにおける用途範囲 (市場構成比) に対するリサイクル原料の用途範囲の比

添付資料 2 効用についての調査結果

製品	調査結果			効用の定義 (例)	単位
	省エネ法	JEMAI環境ラベル	MSTCアンケート		
自動車	走行距離		走行距離、積載量	走行距離・積載重量/時間	km・kg/h
” 乗用車				走行距離・定員/時間	km・人g/h
” 貨物車				走行距離・積載重量/時間	km・kg/h
複写機		複写速度		複写枚数/時間	枚/m
PC	複合論理性能	CPUクロック	処理速度	演算量/時間 (?)	
HDD	記憶容量			記憶容量	* GB
CD-R/RWドライブ		読み書き速度		書き込み枚数/時間	枚/m
				書き込み容量/時間	MB/m
液晶ディスプレイ		表示サイズ (inch)		画面サイズ	* インチ
TV	画面サイズ		発色・画質	画面サイズ	* インチ
ビデオデッキ等	水平解像度		録画可能時間、画質	最大録画可能時間	* h
蛍光灯	光束 (ルーメン)			光束 (ルーメン)	lm
電気ポット			沸騰水量/時間	沸騰水量/時間	l/h
電気炊飯器			炊飯量/時間	炊飯量/時間	kg/h
冷凍冷蔵庫	容積		容量、冷凍速度	容量	* リットル
エアコン	冷房、暖房能力(W)		冷房、暖房能力	冷房出力/時間	W/h
洗濯機			洗濯容量	洗濯量/時間	kg/h
乾燥機			乾燥容量	乾燥量/時間	kg/h
デスクシステム		天板 (作業) 面積		天板面積	* m2
フローリングワイパー		清掃可能面積			
水タンク連結便器		1回あたりの洗浄水量			
温水洗浄便座		熱交換機の温水容量			

光束 (ルーメン) は単位自体が時間あたりの量

m: 分, h: 時間

*: 時間あたりでない効用

添付資料3 ケーススタディ（業務用洗濯機）

1. 概要

- ・業務用洗濯機をサンプルとしてE2-P Aによる分析を行った。
- ・T Iを効果的に向上させるには、使用期間中の消費資源量EI_uを抑制するか、効用（洗濯量）を増加させることが有効である。使用後のリサイクル・リユースの効果はこれらに比べるとかなり小さい。
- ・製品を構成する材料としては鉄が資源量が多い。また、部品ではドラム部分が多い。

2. 製品の基本情報

（1）製品の仕様

サンプル製品（業務用洗濯機）は15年間という長期間に渡って使用される耐久生産財である。その効用（洗濯能力）は1バッチ1時間30kgであり、これを1日8回行うものとした。

また、素材構成としては、総重量約1tのうち、約90%は鉄、非鉄金属やプラスチックは全体の割合としては10%未満となっている。

表1 サンプル製品の仕様

使用期間 年	洗濯量 洗濯kg/h	投入資源量		稼働率	
		蒸気kg/h	kwh	稼働時間	年間稼働日数
15	30	30	5.3	8	300

表2 サンプル製品の構成

（単位：kg）

アセンブリ	重量計	鉄	ステンレス	銅	他金属	塩化ビニル	その他樹脂	ガラス他
外装・フレーム等	288.6	251.2	25.8	2.6	6.5	0.0	0.9	1.6
ドラム部分	541.1	426.3	114.8					
駆動関係	188.0	166.5	0.1	19.5	0.5		1.1	0.3
制御部	22.8	16.5		1.9	1.9	0.8	1.7	
水・蒸気等入出部分	42.3	28.1	8.9	0.6	2.6	1.1	1.0	
合計	1,082.8	888.6	149.6	24.7	11.4	1.9	4.8	1.9

3. 強度の算出

（1）MI、EIの算出

1) 製品の製造における投入資源量（MI_p）

サンプル製品の製造時の投入資源量を表2-1に示す。部品別ではドラム部分が、材料では鉄の負荷が多い。なお、製造に要するエネルギーEI_pは今回は想定していない。

表3 製品の製造時の投入資源量

（単位：kg/y）

製品の製造への投入資源量（MI_p）	アセンブリ	資源量計	鉄	ステンレス	銅	他金属	塩化ビニル	その他樹脂	ガラス他
外装・フレーム等		7.291	6.361	0.577	0.081	0.199	0.000	0.062	0.011
ドラム部分		13.361	10.796	2.564					
駆動関係		4.911	4.216	0.003	0.599	0.015		0.076	0.002
制御部		0.669	0.418		0.059	0.059	0.021	0.113	
水・蒸気等入出部分		1.106	0.712	0.199	0.019	0.079	0.031	0.065	
合計		27.339	22.503	3.344	0.758	0.352	0.053	0.316	0.013

2) MI_p と EI_u の比較

サンプル製品の設定条件における使用時の消費資源量 EI_u と MI_p の比較結果を以下に示す。サンプル製品では、使用にともなう消費資源量が非常に大きい割合を占めている。

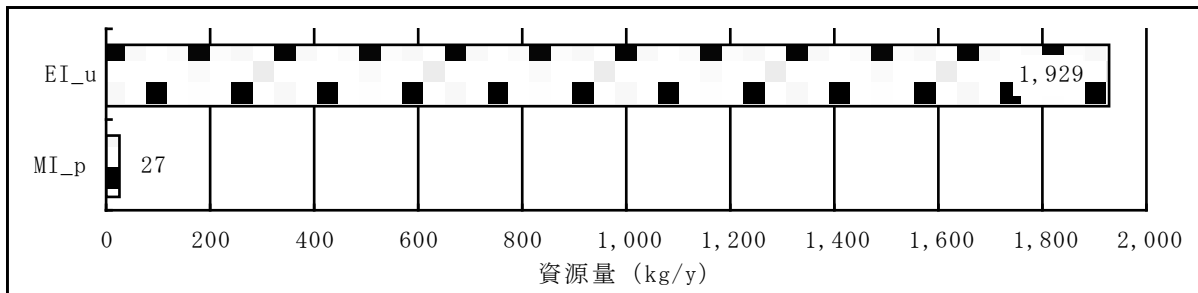


図1 MI_p と EI_u の比較

(2) H_p の算出

サンプル製品の含有する有害物質について、HI_p を算出した。(鉛は製錬プロセス換算、塩化ビニルは金属 Na による除去換算)。MI_p や EI_u と比較すると小さい値である。

表4 サンプル製品のHI_p

(単位: kg/y)

アセンブリ	重量計	鉄	ステンレス	銅	他金属	塩化ビニル	その他樹脂	ガラス他
外装・フレーム等	0.50				0.50	0.00		
ドラム部分								
駆動関係	0.04				0.04			
制御部	0.17				0.15	0.03		
水・蒸気等入出部分	0.24				0.20	0.04		
合計	0.95				0.88	0.07		

※他金属は鉛として換算

(3) RI の算出

サンプル製品のRI_w を、各種のリサイクル方法について算出した。リユースを多く行うもの、材料リサイクルを多く行うものほど良い結果となっている。

表5 サンプル製品のRI_w

リサイクル方法	RI_w	MI_p+HI_p	内容
リユース1	-23.238	28.29	全て部品リユース
リユース2	-21.226	28.29	ドラム部分、駆動部を部品リユース、他は材料リサイクル(ガラス他は埋め立て)
材料リサイクル1	-17.497	28.29	ガラス他のみ埋め立て、他は材料リサイクル
材料リサイクル2	-17.431	28.29	塩化ビニル・その他樹脂:原料リサイクル、ガラス他:埋め立て、他は材料リサイクル
材料リサイクル3	-14.612	28.29	鉄のみ材料リサイクル、塩化ビニル・その他樹脂はエネルギー回収、他は全て埋め立て
材料リサイクル4	-14.640	28.29	鉄のみ材料リサイクル、他は全て埋め立て
埋め立て	0.095	28.29	全て埋め立て

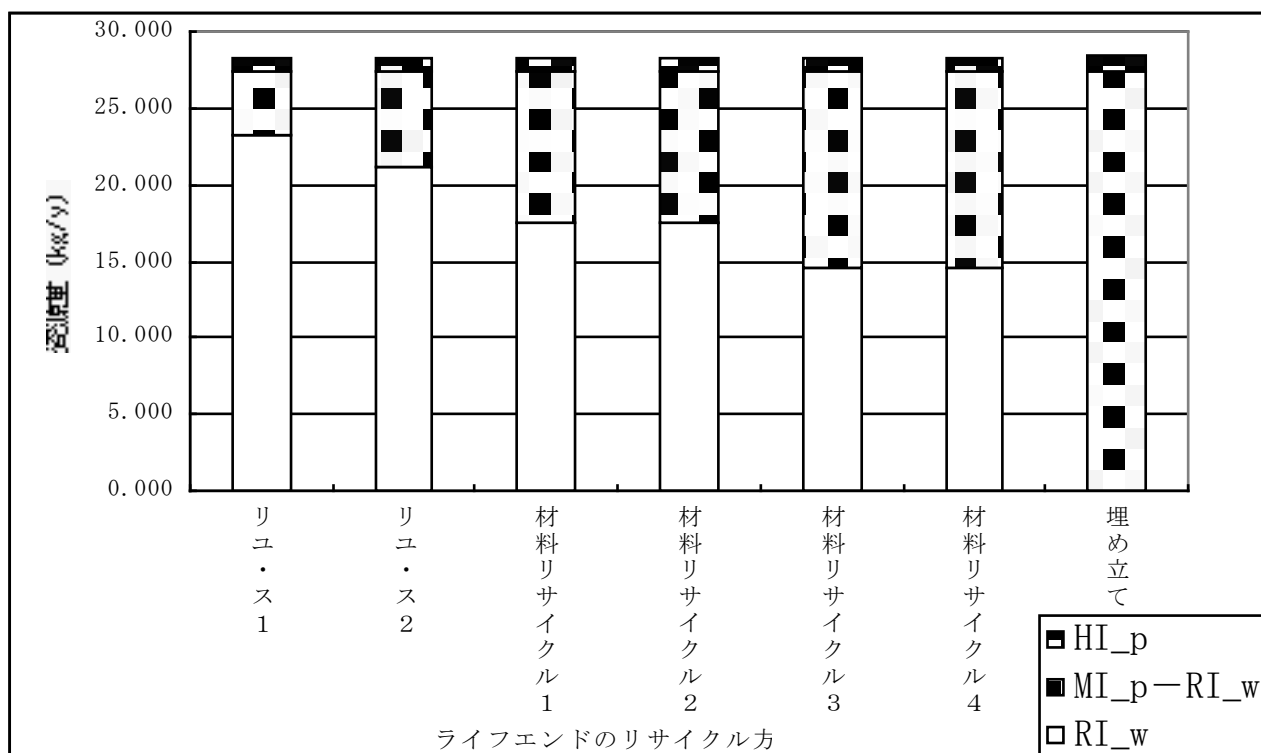


図2 サンプル製品のR I

(4) D I、T Iの算出

サンプル製品について、D I 1（長期使用性と使用中の消費資源量EI_u）及びD I 2（長期使用性と総消費資源量）、T Iを算出した。サンプル製品は総消費資源量に占めるEI_uの比率が非常に高いため、D I 1、D I 2ともに同程度の値となっている。

表6 各強度の算出結果

強度	結果	単位	備考
MI_p	27.3	kg/y	
EI_u	1,929.3	kg/y	
HI_p	1.0	kg/y	
RI_w	-17.5	kg/y	材料リサイクル1を想定
総消費資源量	1,940.1	kg/y	(MI_p+EI_u+HI_p+RI_w)
D I 1	0.0078	Y/kg/y	使用期間L： 15.0年
D I 2	0.0077	Y/kg/y	〃
T I	556.7	洗濯kg/kg/y	総効用量： 1,080,000洗濯kg

4. 分析の結果

(1) 効用の向上と消費資源 EI_u の抑制

図 2-1 は使用時の消費資源 EI_u を抑制した場合（標準=100%）の製品の T I の推移である。ここで、効用 100%の曲線は洗濯能力が標準の製品であり、効用 150%は標準の 1.5 倍、効用 200%は 2.0 倍の洗濯能力を持つ製品を想定している。図中の点線は、3つの製品の T I が等しくなる条件を示しており、効用 100%の製品は EI_u を 50%にまで抑制、効用 150%の製品は EI_u を 75%にまで抑制、効用 200%の製品は EI_u 100%、において T I が等しくなる。

すなわち、環境効用の面からはいずれのアプローチでも同じ資源節約効果が得られ、これらのうちから技術的に最も達成容易なアプローチを採用することで、経済的に環境負荷を削減することができる。

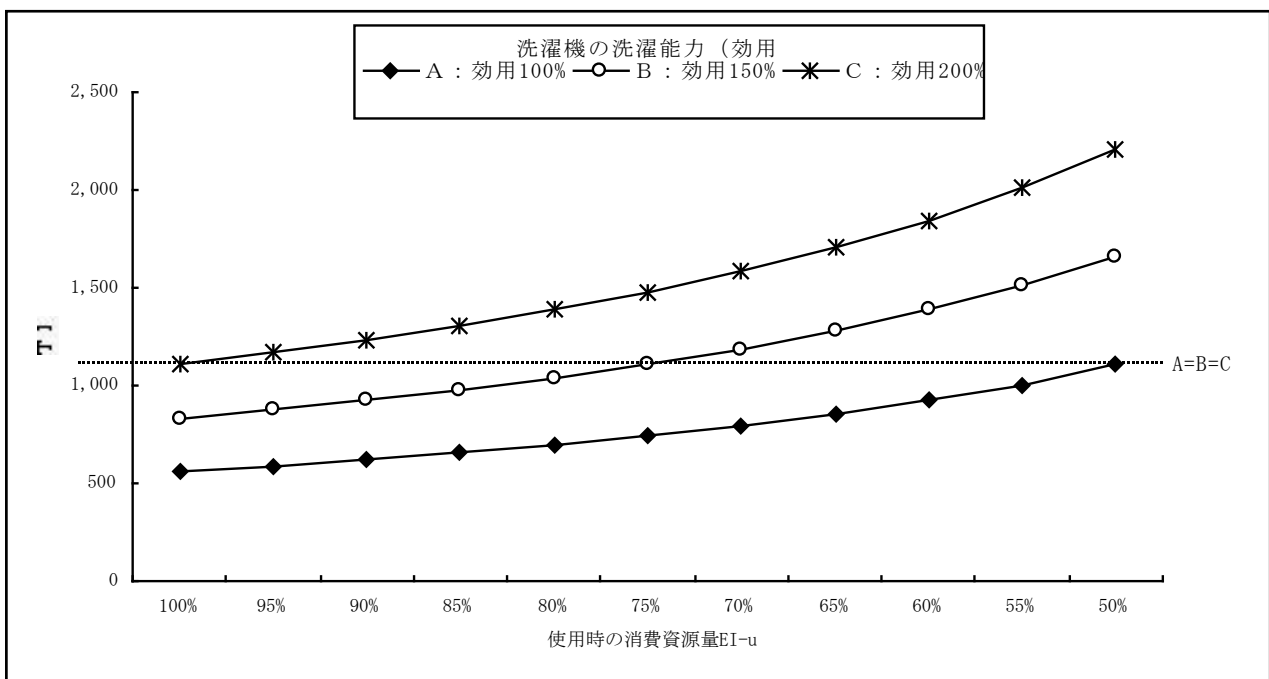


図 3 効用の向上と消費資源量 EI_u の抑制

インバース・マニュファクチャリング
フォーラム調査研究報告書

発行年月 平成14年3月
発行者 財団法人 製造科学技術センター
〒105-0002 東京都港区愛宕1-2-2
電話03-5472-2561

本報告書の内容を公表する際は、あらかじめ
発行者の許可を受けて下さい。

