

システム技術開発調査研究

15-R-6

グローバル循環システムに関する調査研究

報 告 書

- 要 旨 -

平成16年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人 製造科学技術センター

KEIRIN



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです

序

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

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

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

この「グローバル循環システムに関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が 財団法人 製造科学技術センター に委託して実施した調査研究の成果であります。

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

平成 16 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

地球環境保全と資源有効利用の観点から、持続性のある産業社会の仕組みとして循環型社会の構築が必要とされている。我が国においても、循環型社会基本法のもとで、3R(リデュース、リユース、リサイクル)の普及が進められている。

製品ライフサイクルの局面として、生産、利用、廃棄/処理(リユース/リサイクル燃焼、埋立て etc.)が考えられる。近年のグローバル化の進展下では、これらが一国内で閉じていることはほとんどなく、循環システムも当然多国間にわたるものになってくる。しかしながら、廃棄物の移動を禁じたバーゼル条約等の制約もあり、我が国において、多国間にわたった最適な循環システムについての検討はなおざりにされていたと言える状況である。

実際、海外からの輸入品が国内で一度使用された後、技術的には再利用、再生可能であっても、生産拠点が国外に移転していることなどにより、生産工程に戻すことができず、国内で保管、廃棄処理/埋め立てされているという状況にある。他方、建設機械や工作機械など、我が国で生産、輸出される製品群についても、輸出先の技術水準やコスト、規制の関係などによりリユース/リサイクルされることなく廃棄されることも生じている。

本調査研究では、工業製品ごとの特性に応じて、廃棄/処理の段階をどのような社会条件(需要量、技術ポテンシャル、人件費、法制度 etc.)のもとで行うのが最適なのかを明らかにすることにより、国境を越えたグローバルな循環システムの構築を検討する。なお、本調査研究の主な対象としては、地理的にも近く、貿易取引も活発な中国/東南アジアを取り上げ、実態調査や我が国との役割分担などの検討を進め、以下の項目について具体的な検討を行った。

諸外国(中国/東南アジア等)のリサイクルシステムの現状調査

諸外国で生産されている主要組立て製品(家電、OA 機器など)のうちのいくつかの製品につき、リサイクル、リユースの現状、技術ポテンシャル等を調査した。

日本から輸出された機械製品についての調査

該当製品のとして電子部品の実装機について、中古品の状況などについて調査した。

各国の役割分担の可能性の検討

上記の、の結果に基づき、工業製品の特性に応じた、ライフサイクル上での、各国の役割分担の可能性を検討した。日本で発生した使用済みの機器類の分解処理を行うとしたら、技術的、経済的、地理的などの条件から中国以外は考えにくい。

グローバル循環システム構築上の課題とモデルシステムの検討

(多国間にわたる)グローバル循環システム構築上の課題を検討し、中国と日本間の処理分担のモデルシステムを作り、コスト、環境負荷等についての評価を行った。

なお、今回の調査にあたって、多くの方々からお力添えをいただいたことに対してここに謝意を記す。

平成16年3月

財団法人 製造科学技術センター

目次

序

はじめに

1 . 調査研究の目的	1
2 . 調査研究の内容	1
3 . 実施体制と進め方	2
第 1 章 諸外国のリサイクルシステムの現状調査 - 海外調査 -	5
1 . 1 中国	5
1 . 2 シンガポール / マレーシア	10
1 . 3 タイ	15
第 2 章 諸外国のリサイクルシステムの現状調査 - 国内調査 -	16
2 . 1 中国向け再生資源等の輸出検査	16
2 . 2 実装機	19
第 3 章 各国の 3R についての定量的評価	23
3 . 1 既存資料による実態整理	23
3 . 2 使用済み製品 (PC) のグローバル循環実態の推定	26
3 . 3 実装機	30
3 . 4 まとめ	31
第 4 章 グローバル循環システムの検討	33
4 . 1 現状の循環の問題点の整理	33
4 . 2 グローバル循環モデル案の作成	35
4 . 3 グローバル循環モデル案のマテリアルフロー	40
4 . 4 コストによる評価	44
4 . 5 E2 - PA (環境効率ポテンシャル評価手法) を用いた定量評価	46
4 . 6 評価のまとめ	50
第 5 章 グローバル循環システムの実現に向けた今後の課題と展開	51

1．調査研究の目的

地球環境保全と資源有効利用の観点から、持続性のある産業社会の仕組みとして循環型社会の構築が必要とされている。我が国においても、循環型社会基本法のもと、3R（リデュース、リユース、リサイクル）の普及が進められている。

製品ライフサイクルの局面として、生産、利用、廃棄／処理（リユース／リサイクル、燃焼、埋立て etc.）が考えられる。近年のグローバル化の進展下では、これらが一国内で閉じていることはほとんどなく、循環システムも当然多国間にわたるものになってくる。しかしながら、廃棄物の移動を禁じたバーゼル条約等の制約もあり、我が国において、多国間にわたった最適な循環システムについての検討はなおざりにされていたと言える状況である。

実際、海外からの輸入品が国内で一度使用された後、技術的には再利用、再生可能であっても、生産拠点が国外に移転していることなどにより、生産工程に戻すことができず、国内で保管、廃棄処理／埋め立てされているという状況にある。他方、建設機械や工作機械など、我が国で生産、輸出される製品群についても、輸出先の技術水準やコスト、規制の関係などによりリユース／リサイクルされることなく廃棄されることも生じている。

本提案では、工業製品ごとの特性に応じて、廃棄／処理の段階をどのような社会条件（需要量、技術ポテンシャル、人件費、法制度 etc.）のもとで行うのが最適なのかを明らかにすることにより、国境を越えたグローバルな循環システムの構築を検討する。なお、本調査研究では、近隣諸国である中国／東南アジアと我が国との役割分担を中心に検討を進めることとし、これらの国々との間でのグローバル循環モデルシステムの提案を行う。

2．調査研究の内容

本調査研究事業では、以下の4項目に関する調査研究を行った。

諸外国（中国／東南アジア等）のリサイクルシステムの現状調査

諸外国で生産されている主要組立て製品（家電、OA機器など）のうちのいくつかの製品につき、リサイクル、リユースの現状、技術ポテンシャル等を調査した。

日本から輸出された機械製品の処理状況の調査

該当製品として電子部品の実装機について、中古品の状況などについて調査した。

各国の役割分担の可能性の検討

上記の、の結果に基づき、工業製品の特性に応じた、ライフサイクル上での、各国の役割分担の可能性を検討した。日本で発生した使用済みの機器類の分解処理を行うとしたら、

技術的、経済的、地理的などの条件から中国以外には考えにくい。

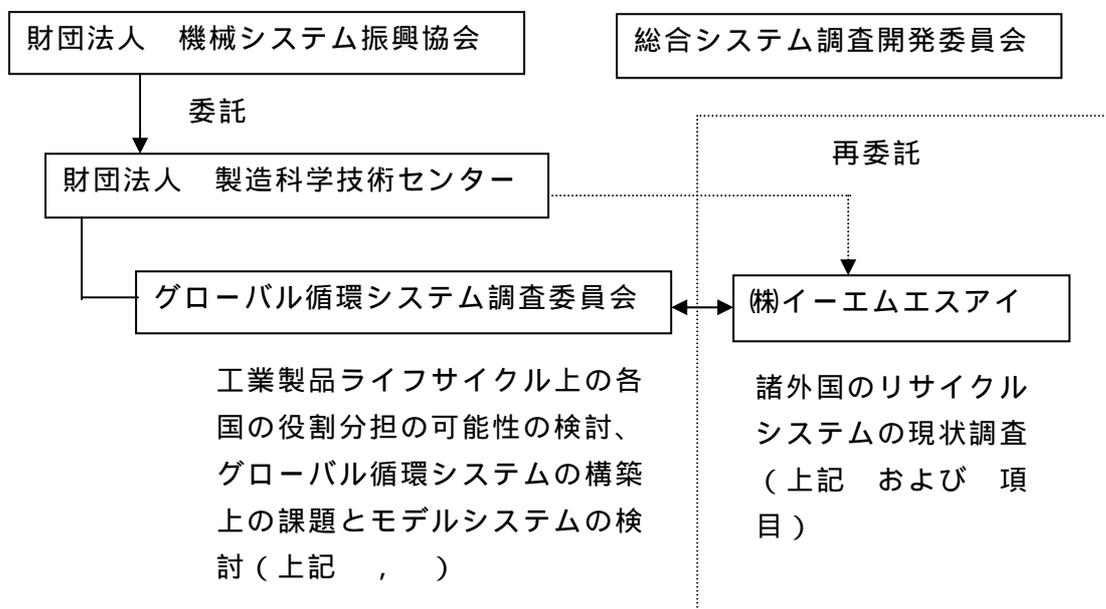
グローバル循環システム構築上の課題検討とモデルシステムの提案

（多国間にわたる）グローバル循環システム構築上の課題を検討し、中国と日本間の処理分担のモデルシステムを検討した。

3. 実施体制と調査研究の進め方

(財)製造科学技術センター内に、学識経験者、研究所、企業(メーカ、ユーザ)からなる「グローバル循環システム調査委員会」を設け、討議・指導を得て、具体的作業をすすめることにより、成果をまとめ報告書を作成した。また、中国を含めた東南アジア諸国におけるリサイクルシステムの現状調査分析を(株)イーエムエスアイ(旧ミナ環境システム研究所(株))等へ委託を行い、そのデータを基に委員会にて現状分析、課題抽出、(グローバル循環)モデルシステムの提案等を行った。

実施体制



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 教授 東京多摩学習センター所長	中 島 尚 正
委 員	政策研究大学院大学 政策研究科 教授	藤 正 巖
委 員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学 大学院工学系研究科 助教授	藤 岡 健 彦
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば中央第2事業所 管理監	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 シニアリサーチャー	志 村 洋 文

グローバル循環システム調査委員会

(順不同)

委員長

須賀 唯知 東京大学 先端科学技術研究センター 微小製造科学分野 教授

幹事

中村 一彦 東京大学 先端科学技術研究センター 特任教員

古賀 剛志 富士通(株) 環境本部 本部長

委員

Xu Zhonghua 東京大学 先端科学技術研究センター インキュベーションプロジェクト
特任研究員

加藤 悟 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 助手

梅田 靖 東京都立大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 助教授

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

服部 光郎 独立行政法人 産業技術総合研究所 産学官連携コーディネータ

小澁 弘明 NPOエコデザイン推進機構 代表理事

塩ノ谷 淳一 日本アイ・ピー・エム(株) パーツオペレーション リユース渉外担当部長

太田 昌之 (社)ビジネス機械・情報システム産業協会 業務部 担当部長

国井 茂樹 (株)日立製作所 トータルソリューション事業部 プロジェクト統括部
環境情報システムセンタ センタ長

十河 正親 松下電器産業(株) 生産革新本部 生産コア技術研究所 参事

安食 弘二 (株)リコー 生産事業本部 顧問

オブザーバ

愛澤 政仁 (株)イーエムエスアイ 代表取締役

清水谷 卓 (株)イーエムエスアイ 海外プロジェクト担当ディレクター

浅岡 健 (株)イーエムエスアイ 上席研究員

北野 恭央 (株)イーエムエスアイ 主任研究員

辻本 崇紀 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐

小川 陽子 経済産業省 製造産業局 産業機械課 技術係長

事務局

高橋 慎治 (財)製造科学技術センター 生産環境室 主席研究員

間野 隆久 (財)製造科学技術センター 調査研究部 課長補佐

第1章 諸外国のリサイクルシステムの現状調査 - 海外調査 -

中国、シンガポール/マレーシアを訪問し、行政関係者、処理業者等と面談し、廃棄物回収、処理と2R(リユース/リサイクル)の現状と課題、またグローバル循環の可能性などについてヒアリングを行った。

1.1 中国

(1) 調査結果

中国国内における、リユース及びリサイクルの実態、リサイクル関連法制度の動向に関する調査を行い、以下の知見を得た。

1) 中関村(PCマーケット)

中国において最大規模と言われている中古PCマーケットを視察し、販売の規模、製品の程度、年式などに加え、その出所について調査を行った。

売り場は、新製品売り場とは別のビルにまとまって入っており、品揃えについては、プリンターなど周辺機器類はほとんどなく、PC以外にも中古留守番電話などが販売されている。ただし、中古品のビルは閑散としており、新製品売り場が非常に混雑している状況と比較すると対照的であった。

新製品

- ・ 主流製品：Pentium4 2GHz以上、メモリ 256MB以上、OS：WindowsXP
- ・ 価格帯：海外ブランド製品：10,000～20,000 人民元、国内ブランド製品：8,000～14,000 人民元程度。海外ブランド製品：日本国内販売価格より10～20%安、国内ブランド：半額程度。新古品も存在する。

中古製品

- ・ 主流製品：Pentium2 MMX200MHz～Pentium31GHz程度。多いのはMMXなど5年程度前の製品。デスクトップよりラップトップの割合が高い(3:7程度)。
- ・ 価格帯：デスクトップで1,500～3,000元程度。ラップトップで2,000元～5,000元程度。
- ・ 出所：デスクトップはほとんど国内ブランド製品。ラップトップはほとんどが海外ブランド製品。ラップトップは、日本メーカー・日本語キーボード製品が多い(密輸?)。
- ・ 買取：店で買い取りを行う。また、外部から仕入れる場合もある。仕入れ製品に傾向はあまりない。

中古パーツ

- ・ 一通り組み立てが可能なパーツ類はそろっている。ジャンク状態。スペックは以下のものが多い。
- ・ CPU：Pentium2MMX程度。価格は50元程度。
- ・ メモリ、ボード類もMMX程度に対応したものが多く、モデム、HDD、FDD、PCカード

類などジャンク製品も多く販売されている。

- ・ 業者を通して国内外から仕入れているようである。ただし、割合は不明である。

2) 中国環境科学学会

リサイクル関連の法制定に向けた取り組み状況について調査を行った。

組織の概要

同学会は、中国国家環境保護局、中国科学技術学会に属しており 1979 年に設立されており、その設立は、国家環境保護局より早く、国内で最初に設立された環境に関する組織である。

主な業務は、国内外の学术交流、技術移転、科学技術の普及・啓発活動、政府の政策立案への助言、情報提供などであり、中国環境科学というジャーナルを発行している。

リサイクル法制定に向けた取り組み状況

同学会では、特に海外からのリサイクル技術の中国への適用可能性についての検討を行っており、アメリカ国防総省にも導入され評判が良いカナダの Shredtech 社の破碎・分別装置に関心を持っている。同装置を使用した実証試験を検討しているとのこと。

その他

製品の需要と供給が 1 国内で収まらない現在、リサイクルは、グローバルな視点で取り組むことが重要と考えている。欧州が WEEE 指令を試行するのに対抗して、日本・中国・韓国が共同してアジア版 WEEE 指令に取り組みたいと考えている。

中国も京都議定書に調印したことから CDM (Clean Development Mechanism) のような制度を利用してリサイクル促進をできないかと考えている。

3) 国家発展改革委員会

同組織は、中国においてリサイクルに関する行政の意思決定の最高機関であり、中国の家電製品の普及状況、リサイクルの取組状況、廃電機電子機器の輸入禁止の経緯、今後の法制度化の方向性などについてヒアリングを行った。

電気電子機器の保有・廃棄台数

PC は年間販売台数 1000 万台程度で、毎年 25% ずつ増加しており、浙江省では、1 世帯あたりの家電保有台数は、TV で 1.5 台、冷蔵庫で 0.98 台と先進国並みの高い水準に達しつつある。

80 年代後半から冷蔵庫、TV などが一般家庭に普及し始めた。平均寿命が 15 ~ 20 年であり、更新時期を迎え大量の使用済み電気電子製品が廃棄されている状況にある。今年、上海においては、それらの廃棄数が 2000 年比 3 倍になると予測されている。

中国における電機電子機器の普及・廃棄台数

品目	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	PC	携帯電話
普及台数	4億台	1.2億台	1.7億台	1600万台	2億台
廃棄台数(年)	500万台	400万台	500万台	500万台 (予想)	1000万台 (予想)

リサイクル法制定に向けた取り組みについて

2001年から電気電子機器類のリサイクル法制定に向け、回収方法、処理方法、メーカー・消費者・処理業者・政府それぞれの責任の所在などについて検討を進めドラフトを作成した。ドラフトは、家電メーカー、学際機関、政府などと内容の協議、内容の検討などを行っているところである。

基本的な方針としては、生産者責任のもとメーカー責任で回収、処理を行う予定であり、消費者による費用負担は不法投棄の原因になることから困難との認識である。法案が確定するには2~3年後。具体的な施行時期は不明である。

なお、当面の対象製品は、冷蔵庫、洗濯機、クーラー、PCを想定しており、本格試行に先立って、1都市・1企業を選定し実際に回収・処理を行うパイロット事業を予定している。

中古・廃電子機器類の輸入禁止に関する見解

浙江省、広東省での大規模な廃電気電子機器類の不法投棄の発覚を契機に、輸入全面禁止とした。その原因は、国内のリサイクル業者、廃棄処理業者の技術レベルが低く、環境面への十分な配慮ができないことによる。

国内処理技術が未熟なことから、海外からの廃棄物輸入は当面禁止したい。現状では、国内業者が処理できない以上、廃棄物は資源として考えることは難しいと認識している。

リサイクルに対する考え方

3Rの考え方、優先順位は日本と同じであるが、低所得者が多いため中古の需要が高くリユースに特に重点を置いている。

リサイクルには、安価な労働力を活用したい。可能な限り手回収することで資源の利用価値、回収率が高まると考えている。海外に見られるような機械による破碎・分離分別はコスト面で難しいと考えている。

4) 上海市環境事業発展センター

上海市における電機電子機器の生産・販売情報、市内での廃電機電子機器の回収状況などについてヒアリングを実施した。

上海市における電気電子製品の生産・販売状況

品目	T V	冷蔵庫	洗濯機	エアコン	P C
生産台数 (2001年)	-	40.8万台	72万台	214万台	-
販売台数 (2001年)	88万台	43万台	72万台	44万台	16万台

上海周辺地域における使用済み製品回収について

使用済み電気電子製品の回収は、地方の業者が市中を巡回し家庭から回収し、修理し再販売している。修理の際の環境汚染、不法投棄が問題となっている。市政府としては、デパート等に電気電子製品の回収ポイントを設置している。しかし、特に冷蔵庫等の大型家電は持ち込みが難しく回収は進んでいない状況にある。

行政が回収した家電は、規範的に処理可能な施設で処理される。ただし、そのような処理ができる施設は非常に限られているのが現状である。

中国でのリサイクル実施の可能性について

上海市近郊の外高橋保税區において、使用済み電気電子製品を解体・部品回収事業を実施できる可能性がある。ただし、保税區は、加工貿易を目的としていることから、分離分別など物理的な手段による回収を行うことは可能である。溶解、分解など化学的な加工は禁止されている。そのため、分離・分別した部品・材料は、台湾・韓国へ輸出が可能。国内へ持ちこむには、輸入禁止対象外のものであれば可能である。また、無害化処理など化学的加工は保税區ではできない。他国へ輸出することになる。

5) 浙江省環境保護局

浙江省における特に海外から輸入した廃電機電子機器の処理に関する状況について調査を行った。

電気電子製品輸入・加工産業の状況、環境問題について

バーゼル条約による規制の下においても利用できる電気電子廃棄物であれば越境できるということもあり、主に日本、アメリカから浙江省、広東省へ使用済み製品が輸入されていた。また、2001年には、アメリカ西海岸地域で回収された電気電子廃棄物の50～80%が途上国に輸出されていたという報告もあり、それらの多くが中国に流れたと考えられている。

これらの廃製品は地元企業により修理・国内で販売されたり、貴金属回収がなされたりしており、このビジネスは、浙江省、広東省の主力産業にまで成長している。

しかし、電子基盤や配線類など残った材料は大量に不法投棄された。杭州市では、不法投棄が50件摘発され、浙江省のある港では、2002年2月にエアコン、冷蔵庫、PC、モニター、プリンター、TV電子基盤など約800トンの日本からの密輸が摘発され、それを契機に政府が全面輸入禁止政策をとるようになった。

密輸を防ぐために、船底に隠して持ち込まれるケースも多いことから、広東省などの

密輸の多い地域の港では、3000～5000トンまでの沿岸輸送目的の平底の船しか接岸できないようにし、海外から直接船が接岸しないようにしている。

浙江省におけるリサイクルの実態について

国内で回収した使用済み電気電子機器は、利用できる部分を手解体し溶融・貴金属回収がなされる。電子基盤の半田を溶かして電子部品を回収し再販する場合もある。リユース電子部品の普及に伴い、広東省では電子部品が値崩れを起こしたこともあるほど普及している。

現状、鉛、工場廃液などの処理ができる業者はほとんど存在しないことから、中央政府、地方政府ともに労働集約型で処理ができる技術の開発、導入に向けた検討を行っている段階である。

日系企業をはじめとして外資系企業は、工場設立の条件として産業廃棄物の適正処理ができる業者の有無を重要視している。廃棄物の無害化処理ができる施設の有無が産業誘致において重要となりつつあり、同政府も省内に4～5箇所処理設備を稼働させたいと考えている。省によっては規制が緩いところもある。上海で処理業の許可を取り消された業者が海南島へ移動する例もある。

ただし、現状、工場から排出される産業廃棄物の処理費用を負担してくれる企業は非常に少ないのが現状。コスト削減競争が激しく、廃棄物処理にまで費用をかけられないとのことである。

廃棄物処理のレベルが低いことから、当面取り組めることとして、クリーンプロダクションを推進し、設計・生産プロセスからの廃棄物（不良品）発生削減を図っている。

(2) 3R(Reduce Reuse Recycle)の現状、特徴、傾向

安価かつ豊富な労働力により、手間のかかる廃電機電子機器からの部品回収（主に電子部品類）であってもビジネスとして成立している。環境面、品質面での担保が取れるようになれば更に大きなビジネスとなりうる。

適正処理の必要性は行政、処理業者とも十分認識しており、技術移転により状況改善は可能であり、リサイクル特区の整備などを含め取り組みは進みつつある状況にある。

現状でも保税区内でリサイクルビジネスの実施の可能性があり、実際処理も行っているようである。ただし、その場合、中国に持ち込めない部品・素材の存在、残渣処理の問題があるため、第三国への輸出を含め広い循環の輪を構築する必要がある。

(3) グローバル循環実現に向けた可能性及び課題

中国国内の処理レベル・処理能力向上がグローバル循環の絶対条件である。

特に、有害物質を含む産廃の処理に向けた技術・制度の検討が始まったばかりであり、ごく一部を除いてレベルは非常に低い状況にある。

今後、中国国内で排出される廃電機電子機器の量も増加することことを踏まえると、適正処理可能な施設数をさらに増やすことが求められる。

1.2 シンガポール / マレーシア

(1) 調査結果

1) Singapore National Environmental Agency

シンガポール政府において環境全般を担当している同組織のリサイクル担当者からシンガポールの国内におけるリサイクルの状況、中古・廃製品の輸出入などについてヒアリングを行った。

国内における E-waste(廃電気電子機器)の収集、リサイクル

現状、廃電気電子機器は基本的に有害物質扱いをしておらず、ライセンス取得業者、二次委託業者が定期的(月2回)に収集し、最終処分場に埋め立て処理を行っている。冷蔵庫、洗濯機などかさ張るものは、行政に連絡し個別に契約業者が引き取りに来る。

上記のような行政による回収が存在する一方で、民間の回収業者が存在し、回収した廃電気電子機器を修理、部品取り、貴金属部分の取り外しを行い、国内販売及び輸出を行っている。価値のないものは、最終処分場に埋め立てされる。

重金属類、プラスチックリサイクルは行われておらず、海外輸出されている。なお、貴金属回収については、国内に業者が数社ある。

中古・廃電気電子機器の輸出入

廃電気電子機器は、古紙、スクラップと同様に輸出入されている。全ての素材がシンガポールでリサイクルできないことから、処理できない物質については、海外の処理施設に処理委託し、適正処理を行っている。

以前は PC の中古製品の輸入もあったようだが、現在はあまり需要がないことからそれほどでもない。また、シンガポールで発生した中古 PC がインドネシアに輸出されていた。結局のところ、ビジネスとして成り立てば輸出入は行われる。

シンガポールにおける 3R

シンガポールにおいても 3R が推進されているが、日本のそれは若干異なっている。シンガポールにおける 3R は以下のとおりである。

- ・ Reduce (焼却処理する廃棄物量を減らす)
- ・ Reuse (建設廃棄物など埋立廃棄物を再利用する)
- ・ Recycle (焼却灰をリサイクルする)

これは、シンガポールにおいて切実な問題は、埋め立て処分場の残余年数であり、それを延ばすことが最も重要視されている。

リサイクル制度に関する考え方

リサイクルに関して、シンガポールはほとんど規制を設けていない状況にある。適正処理が可能な企業であればライセンスを取得し事業を始めることができる。諸外国にみられるような各種法規・制度による強制ではなく、市場原理によりリサイクルを促進することを意図している。

2) 中古 PC マーケット視察 (Sim Lim (森林)地区)

シンガポール市内にある中古製品のマーケットを視察した。製品は、国内から発生する製品がショップで販売されている。中古 PC の輸入はない。ただし、外国人が個人所有のノート PC をショップで売るケースがある程度である。店舗数は 10 数程度と思われ、修理業者が中古販売を兼ねているケースも多い状況である。割合としては、ノートが若干多い。

品揃えとしては、デスクトップは製品及びパーツの販売。メモリ、モデムなどが中心であり、形式は数年前程度 (Pen 、 Pen) のものが多い。

3) Malaysia MoSTE (Ministry of Science Technology and the Environment: 有害廃棄物担当) 及び Malaysia Ministry of Housing and Local Government : 一般廃棄物担当

マレーシア国内におけるリサイクル関連の制度、リサイクルの状況、政府の方針などについてヒアリングを行った。

国内制度

基本的に、廃電機電子機器の収集、リサイクルの制度は存在しない状況である。廃棄物処理法が 20 年ほど前に制定されており、その当時 E-waste の問題は全くなかったため現在に至るまで一般廃棄物として直接埋め立てされている状況である。

ただし、埋め立て処分場の残余年数の減少、不法投棄などが問題視されていることから、数年後に予定されている法改正において e-waste は有害物質の指定を受ける可能性が高いとのことである。その場合、適正処理が義務付けられるとのことであった。

国内における E-waste (廃電気電子機器) の収集、リサイクルの実態

廃製品を行政が回収した場合、一般廃棄物としてそのまま埋め立て処分場に持ち込まれている。民間回収業者が回収した場合、修理、部品取りの後、販売されている。価値の低いパーツ、プラスチック類などは、道路端などへ不法投棄されるケースが多い。

リサイクル業者が国内に 3 社 (クアラルンプール周辺、ジョホールバル、ペナン) あるが、アッセンブリ工場から排出される不良品、バリなどを処理しており、使用済み製品の処理は行われていない。

中古・廃電気電子機器の輸出入

基本的に、廃電気電子機器は廃棄物と認識しており、国内に既に大量にあることを踏まえると、リサイクル目的であっても敢えて海外から輸入する必要性を感じないとの認識であるとのことであった。

一部の業者は、廃プラスチックからペレットを作り中国に輸出しているとのことであったが、それ以外については、ほとんど行われていない状況である。

リサイクルビジネスの可能性について

適正処理ができるのであれば、国内外を問わず MoSTE の DoE (Department of

Environment)からライセンスを取得して処理ビジネスを始めることが可能である。その場合、マレーシアにとって十分メリットがあるのであれば、海外からの廃製品輸入についても問題ないと思われる。

4) Kualiti Alam Sdn. Bhd

マレーシア国内に存在する、産業廃棄物の適正処理が可能な施設を訪問し、その処理の方法、処理対象物などについてヒアリングを行った。

処理対象物

廃酸、廃油、工場汚泥類、有害物質含有物、自動車バッテリー、乾電池などを対象としており、使用済み廃電機電子機器類は扱っていない。

また、携帯電話の電池は対象としておらず、欧州輸出し Nokia に処理委託している。

処理方法・処理能力（処理フローはパンフレット参照）

基本的には、物理的、化学的処理などにより中性化等行った後焼却処分し、焼却灰は管理型処分場に埋め立てする。

- ・ 処理能力： 焼却プラント：3,200t/year，化学処理：5,000t/year
- ・ 処分場： 500 万 m³（150 万 m³使用済）
- ・ 施設の稼働率：50%程度

海外からの受け入れ

基本的に行っていないとのことであり、メーカーが自主回収したものが入っている可能性はあるとのことであった。

許認可

MoSTE の DoE が有害物質処理を管轄している。施設を稼働するには、処理ライセンスを取得することが求められる。毎年排ガス、水質などの検査がなされ、基準を満たさない場合、ライセンスを取り消される。水質については、3ヶ月に1回程度抜き打ち試験がある。

5) Citiraya Industries Ltd

シンガポール国内に存在する廃製品類を回収処理する業者であり、処理方法、回収ルートなどについてヒアリングを行った。

処理対象物

主に PC メーカーからの IT 関連廃棄物（不良品、自主回収した廃製品など）が中心であり、市中回収廃製品の処理は行っていないとのことであった。その理由としては、市民の理解を得られてないことから回収に手間がかかること、費用の支払いに応じてもらえないと予想されるためであるとのことであった。

処理方法・処理能力

処理能力は、年間 15,000 トンである。

受け入れた廃棄物は全て破碎しパウダー上にし、その後プラスチック、金属類を化学処理によって分離し貴金属を回収する。プラスチックは他の業者に販売され、日用品などの製品となる。鉄、銅、鉛などは、海外の精錬業者に処理委託する。基本的には自社内では貴金属の回収のみを行っており、自社で全ての物質を回収することは考えてないとのことであった。

例外的に、ヒューレットパッカードの場合、樹脂を ABS にほとんど統一していることから、不良品を手分解し、ABS を HP に販売している事例があるとのことである。

海外からの受け入れ

バーゼル条約に則り、アジア、北米、南米、EU から主に工場彼排出される不良品を中心に輸入している。自社で処理ができないものは、同条約に則り第三国で処理をする。場合によっては、日本、EU で処理をすることもある。

海外展開

同社は、無錫、ジョホールバル、台湾、フィリピン、タイ、イタリアなどに事業展開している。基本的には、IT 産業の工場から排出される不良品等の処理を行う。

ジョホールバルにおいて、処理施設も建設を予定しており、手解体によるパーツ類の取り出しなどシンガポールではコストが高くてできない処理も行う予定であるとのことであった。

6) SPM Refinery Pte Ltd

Citiraya と同様に、シンガポール国内で主に IT 工場から排出される不良品等を回収・リサイクルする企業であり、その処理方法、海外からの受け入れ状況などについてヒアリングを行った。

処理対象物

主に PC メーカーからの IT 関連廃棄物（不良品、自主回収した廃製品など）が中心である。一部、民間回収業者が回収した廃電化製品のうち貴金属などが多く含まれる部分が持ち込まれることがあり、その際は購入することもあるとのことであった。

処理方法・処理能力

受け入れた廃棄物は全て破碎しパウダー状にする。その後、プラスチック、金属類を化学処理によって分離し貴金属を回収している。プラスチックは他の業者に販売される。鉄、銅、鉛などは、海外の精錬業者に処理委託している。自社で全ての物質を回収することは考えてないとのことであった。

また、同社は、貴金属の精錬が可能。金については 99.99% の精製が可能である。

(2) 3Rの現状、特徴、傾向

1) シンガポール

現状、市中回収廃電気電子製品は、埋め立て処理が中心である。ただし、資源の有効利用、廃棄物の減量化という観点から今後リサイクルが促進されると思われる。

リサイクル業者は、既に自主回収製品処理の実績があることから、ある程度のロットが確保できれば、市中回収の廃電機電子機器類を受け入れると思われる。また、それらの企業は、自社で全ての処理はできないが、バーゼル条約に抵触することなく処理できるだけの能力、ノウハウを持っている。また、政府からライセンスを取得して操業していることから、汚染等の問題を引き起こす可能性は非常に低い。

2) マレーシア

マレーシアは、人口2000万を超え市場としても比較的大きく、所得水準もそれほど高くないことから、中古品の需要は高いと思われる。実際、家電、PCなどは繰り返し修理され使用されている。ただし、リサイクルは、手工業レベルにとどまっており、健康被害や汚染等懸念される場所である。

市中回収廃製品は、不法投棄、安定ではない埋立処分場での埋立が中心である。産業廃棄物処理、一般廃棄物処理でも多くの問題を抱えており、国内のe-waste処理を本格的に行うにはある程度時間がかかると思われる。

(3) グローバル循環実現に向けた可能性及び課題

1) シンガポール

人件費が高く、手解体などによる分別を行うメリットはあまりないことから、人件費の安い他国で解体し、PCボードなど有害物質が多くかつ貴金属類の多いパーツ類を輸入し処理することが可能であると考えられる。

2) マレーシア

現状、廃電機電子機器を処理できる施設が存在していない状況であることから、中国と同様に適正処理可能な施設を整備することが求められる。

ただし、ノウハウを持ったシンガポールのリサイクル業者がマレーシアに進出予定であること、手分解により、貴金属以外により幅広いリサイクルを検討していることから、その施設へ持ち込むのであれば、マレーシアでのe-waste処理は可能と思われる。リサイクル時に発生する有害物質処理に関しても、適正処理が可能な企業が存在することから汚染等の問題を引き起こす可能性は低い。

1.3 タイ

(1) 3Rの現状、特徴、傾向

現状、廃電機電子機器類は、民間回収業者が回収し、修理、再販売している状況である。そして、全く使えなくなるまで繰り返し使用される。その理由としては、所得水準と比較して製品価格が高いことがあげられる。

全く使えなくなった場合廃棄されるが、スカベンジャーなどが素材としてプラスチック、金属類を回収し、マテリアルリサイクルされる。

産業廃棄物、一般廃棄物処理の問題のほうが緊急であることから、政府・自治体、適正業者による処理は行われていない状況にある。

タイ政府・産業界などは、WEEEに対応するべく検討を進めている。WEEEに対応するための技術導入を進めている。

(2) グローバル循環実現に向けた可能性及び課題

現状、廃電機電子機器を処理できる施設が少ない状況であることから、中国と同様に適正処理可能な施設を整備することがまず求められる。

第2章 諸外国のリサイクルシステムの現状調査 - 国内調査 -

2.1 中国向け再生資源等の輸出検査

(1) 調査結果

1) 検査事業の概要

同社は、92年に中国輸出入商品検査総公司（CCIC）と日本海事検定協会（NKKK）が50%ずつ出資して設立された。

96年に中国国家質量監督検査検疫局（SAIQ）より、産廃（スクラップ）船積み前検査機関として認可され、スクラップは、同社の検査合格がなければ中国での通関ができなくなった。

スクラップの検査は、輸出物が禁止品目でないこと、輸入規格を満たしていることを検査員が港で確認し、東京の事務所で検査証を発行し、輸出業者がこれをもって中国の税関を通関するという流れとなっている。労力的に検査は完全には行えないため、しばしば中国税関から禁止品目の混入や放射能の検出等のクレームがある。

このほか、中国向け商品（家電、自動車等）の製造工場検査等も行っている。

2) 中古品、再生資源等の輸入の実態

同社で検査対象としている正規の輸出スクラップの内訳としては、金属（鉄、非鉄）が最も多く、次いで各種プラスチック、紙が輸出されている。

金属はコンテナあるいは船に直接積み（約1,000t）、プラスチック、紙は主にコンテナで輸出される。輸出量は年々増加傾向にあり、合計で数百万tのオーダーに達しているようである。

特殊な金属スクラップは稀に放射能を帯びているものがあり、中国税関での検査にひっかかってクレームとなる。

電子基板も、貴金属回収業者の廃液処理が問題となることから禁止品目とされているが、しばしば積荷に紛れ込んでいるのが発覚する。

輸出事業者は100社程度はいる。継続して事業しているものも多いが、現金買い付けで輸出を一回だけする単発の業者もいる。中国系、台湾系が多いようだがはっきりとは分からない。

スクラップは中国沿岸の各港に陸揚げされる。福建省や広東省方面は少ないようである。

中古機械等の禁止物品について、許可を得ている業者はほとんどいないようである。

3) 不正行為の事例

検査証明書を偽造して税関を通関しようとする事例がある。番号や日付け等で発覚することがあるが、税関でオリジナルの書類をチェックするようになってからは減少傾向にあるとのことである。

禁止品目の混入については中国側は厳しく検査・摘発している。最悪日本に送り返しとなるが、しばしば輸出業者が偽名だったり倒産したりして引き取り手がいないという

事態になり、罰金と処分費、コンテナ洗浄費等を同社が負担することになる。

4) 中国における中古品、再生資源等の輸入実態

以前はエアコンをばらしてスクラップとして輸出し、現地工場で適当に組み立てて販売する、という業者が見られた。しかし、漏電による火災がしばしば発生したためエアコンはバラした状態でも禁止品目となったとのことである。

使用済みの自動車、OA 機器、PC 等も禁止品目であり、現状では正規に扱っている事業者はいない。日本から流れているものがあるとすれば、おそらく香港経由で流通しているのではないかとのことである。

自動車に関しては、中国にはプレスの規格がありこれを満たせば輸入は可能であるが、国内プレス工場はまずこれには対応できないため（不純物 6% 以下・通常の国産プレスは 20% 程度）、許可を取っている事業者はいない。

ディスプレイのガラスや液晶も禁止品目である。パチンコに関しては、日本国内で液晶を外してから持ち込んでいる事例がある。

大型機械のスクラップがしばしば見られる。国内で解体するよりも中国で解体した方が低コストのため原形のまま持ち出す場合が多いようである。本当に現地で解体されているのか、それともこっそり中古売却されているのかは不明である。

このほか、中国への工場移転に伴って、日本の工場から中古の生産機械を持っていく事例も増えている。

空き缶やそのプレス品は家庭廃棄物扱いであり、禁止品目となっている。また、PET ボトルはフレークにしたもののみが輸入許可されている。

現地で分別を目的として混合状態のプラスチックを輸出しようとすることもあるが、輸入の許可条件としては単一品となっているためこれも禁止品である。

表 2.1-1 中国における輸入規制及び 3R 関連の立法状況

規制項目等	法律	内容
中古製品の輸入規制 (国内産業保護等)	<p>「中古機電製品輸入管理強化に関する通知(1997.12)」</p> <p>「中古機電製品輸入管理強化に関する補足通知(1998.11)」</p> <p>「機電製品輸入管理法」</p>	<p>中央政府の許可を要する品目： 「重要中古機電製品輸入リスト」(圧力容器類 15 品目、印刷機械類 6 品目、電機類 99 品目、原子炉など放射性類 4 品目、建設機械類 24 品目、医療機器類 12 品目、食品機械類 10 品目、農業機械類 6 品目、繊維機械類 6 品目、車両船舶類 33 品目、写真設備類 4 品目、娯楽機器類 5 品目)および 1980 年以前に製造された機械設備「機電製品輸入管理法」の輸入割当品目(輸送機器 45 品目)および特定品目(オフセット印刷機など 22 品目)の中古機械</p>
再生資源の輸入規制	<p>「固体廃棄物環境汚染防止法」</p> <p>「輸入廃棄物環境保護管理暫定規定」</p> <p>「貨物輸出入管理条例」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄電気製品等の輸入禁止 ・資源として輸入される廃棄物の要件
有害物質の移動規制	<p>「貨物輸出入管理条例」</p> <p>「危険廃棄物の越境と転移を防ぐ公約処置」</p> <p>「固体廃棄物環境汚染防止法」</p> <p>「国务院環境保護決定(1996-31号)」</p>	
中国国内の循環システムの促進(今後法制化)	<p>「再生資源回収管理条例」</p> <p>「廃旧家電回収利用管理条例」</p> <p>「製品強制回収とパッケージ回収管理弁法」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル事業・地域を選定し、第十次五カ年計画による蓄積を経て法制化、全国普及
製品の品質、安全性に関する規制 ・出荷・販売・使用・輸出入における対象製品の認証取得を義務化	<p>「強制的製品認証制度(2003.5完全実施)CCC制度」</p>	<p>対象製品： 家庭用及び類似用途の機器(18品目)、照明設備(2品目)、音響設備類(16品目)、小出力電動機(1品目)、開閉器類、保護装置、配線器具類(6品目)、低電圧器具(9品目)、電動工具(16品目)、車輛及び安全部品(4品目)、電気溶接機(15品目)、タイヤ(3品目)、電線及びケーブル類(5品目)、安全ガラス(3品目)、情報処理設備(12品目)</p>

(2) 日本-中国間の中古・再生資源移動実態のまとめ

再生資源向けの金属、プラスチック、紙の輸出量は年々増加傾向にあり、2002年では合計で数百万tのオーダーに達しているようである。中国の製造業の成長が著しいため、日本を始めとする各国から活発にスクラップを購入しようとする動きがある。

中国の輸入規制は厳しく、家電やPCを始めとする各種の使用済み製品はほとんどの場合輸入不可能である。また、再生向けのスクラップ類についても厳しい基準・規格があり、これを満たさないものは通関できない。

しかし、こうした規制をくぐり抜けて中国に持ち込まれる中古製品・スクラップは後を絶たない。経路としては、大きなものは香港経由がある。また、検査をごまかして通関させようとする事例もあるようである。

本調査でグローバル循環モデル検討のための想定対象製品も現実にはこの輸入規制対象となると考えられる。

中国におけるこうした輸入規制には相応の理由があり、主に現地での不法投棄・不適正処理の発生が問題となっているようであることから、グローバル循環モデルの検討においては、現地における回収・適正処理システムのありかたについても留意していくことが必要と考えられる。

2.2 実装機

(1) 調査結果

1) 新品の市場動向

世界の市場規模は2000年は6,000億円だったが、現在は2,000億円程度にまで縮小しており過当競争にある。これは、実装機の新品単価のダウン、北米等の生産拠点の閉鎖に加え、製造する電子基板を構成する部品点数の減少や実装機の高速度化が需要を圧縮している。主要メーカーは、同社のシェアがトップで、ジーマンス、サムスン等が大きく、最近是国内Y社が勢力を拡大している。

当分は中国では実装機は製造できないのではないかとと思われるが、将来は分からない。

日本の実装機は、ソフトはそれぞれの企業のものを使用する必要があるが、ジーマンスはオープンのため、サードパーティのソフトを利用できるというオープンアーキテクチャが受けてシェアを伸している。生産ラインを組むためには複数の種類の実装機が必要だが、ジーマンスを買う場合は同じメーカーでそろえることが多いようだ。



図 2.2-1 実装機のイメージ (写真)

2) 実装機の寿命

リース期間は、オペレーションリースで3~4年、ファイナンスリースで7~8年くらいである。定期点検つきオペレーションリースも行われている。

実装機の寿命は、通常の使用・メンテナンスであればチップ部品タイプは長くて10年程度、挿入部品タイプは15~20年以上使用される。チップ部品タイプは、処理する部品の小型化により陳腐化しやすいことが寿命の短い原因となっている。

実装機の廃棄要因としては、北米では工場閉鎖、日本では設備更新や合理化等が多いようである。また、生産設備であるので予備等の目的でユーザーの手許で退蔵される場合も多いようである。

3) 価格

実装機は、新品では1,000~4,000万円/台のオーダーである。

中古は1,000万円/台位で取引されている。

4) 中古市場の現状

中古市場規模は、同社調査によると世界で700~900台/年と見られているが、やや少なめの推計のようである。概ね新品の1割程度の市場規模と考えられる。

中古実装機は、工場閉鎖の多いアメリカから多く発生し、そこから中国に持ち込まれるという流れが多い。年式としては、アメリカ発の中古では3~4年前のモデルが中古となって中国に販売されるものが多い。これはモデルとしては1~2世代に相当し、性能では20%位の違いである

中国市場は中古実装機の需要の伸びが著しく、今後実装機が不足する局面が出てくるかも知れない。

5) 中古ブローカー

ブローカーを経由する中古市場は既に存在しているが、このルートでは保守等のサービスが不足しており、結局メーカーがサービス提供を求められることとなる。実装機には改造が行われることもあるので、どこまでメーカーの保証範囲が迷うところである。

中国ブローカー業者には、大量の即納在庫を持ったところや自力でオーバーホールのできる技術のあるところ、部品生産できるところ等、ただの中古業者というレベルではない業者も存在している。例えば、補修部品のうち、カッターなどの簡単なものはブローカーでも製造販売している。

一方、部品を供給するテーブルは作れそうで作れない。細かい違いが多いので造ってもコストが割高になるとのことである。

6) メーカー自身によるリユース事業

同社としてのリユース事業はこれからスタートするところである。新品市場が縮小していることもあり、ビジネスとして利益を確保していくために、アフターマーケットの需要確保を事業に組み入れようとしている。

国内では、身軽な関連会社が先行して中古実装機の取り扱いを行っている。現在、グループの実装機リユースは、シンガポールでオーバーホールを行い、中国に輸出するという流れとなっている。

中古ビジネスは、下取り等に際しての査定が難しく、マニュアル整備を急いでいるものの、現状ではできる人間がかなり限られている。

ブローカー経由の中古実装機でもメンテナンスやアップグレード等の純正サービスの提供をはかっていくことにしている。

7) メーカー事業としてのアドバンテージ

ブローカーとの差別化をはかっていくことが課題である。メーカーならではの差別化技術として、速度を2倍以上に引き上げた製品への改造アップグレードが可能である。これにより、2台の旧世代機を改造して、1台を元の顧客に戻し、もう1台を引き取って販売、といったビジネスモデルを検討している。こうしたことを容易化するために、製品設計へのフィードバックを行っている。また、コピーできないようなブラックボックス作りを行うことの重要性を認識している。

実装機は作業の精度が重要であり、ミクロン単位での検査が必要だが、これを実現するための生産・オーバーホール後の校正技術については、まだこうしたブローカーはメーカーに対して能力は不足しており、同社のアドバンテージとなっている。

(2) 実装機のライフサイクルの整理

- ・ユーザーでの実装機の使用期間は4~20年以上と幅が広い。これは、実装機が、性能及び部品規格の変化が早く比較的陳腐化しやすい製品であるためである。また工場の閉鎖や合理化など、経済的な要因での廃棄も行われるため、機械寿命よりも先に、ユーザーの都合で廃棄されることが多い。このため、中古向けに活用可能な使用済み製品が多く発生すると見られる。
- ・実装機では、中古製品の国際的な循環が行われており、メーカーも積極的に関与しようとしている。これは、実装機ビジネスはメンテナンス等のメーカーフォローアップの要素が強いため、使用済みとなった際においてもメーカーが関われる可能性が高いためと考えられる。
- ・実装機の中古市場は新品市場の1/10程度の規模と見られる。
- ・実装機の中古市場では、系列外であっても部品生産や整備等で技術力のある中古業者が増えつつある。
- ・メーカーの差別化戦略として、上位機種へのアップグレード計、高精度のオーバーホール、部品供給等が挙げられている。

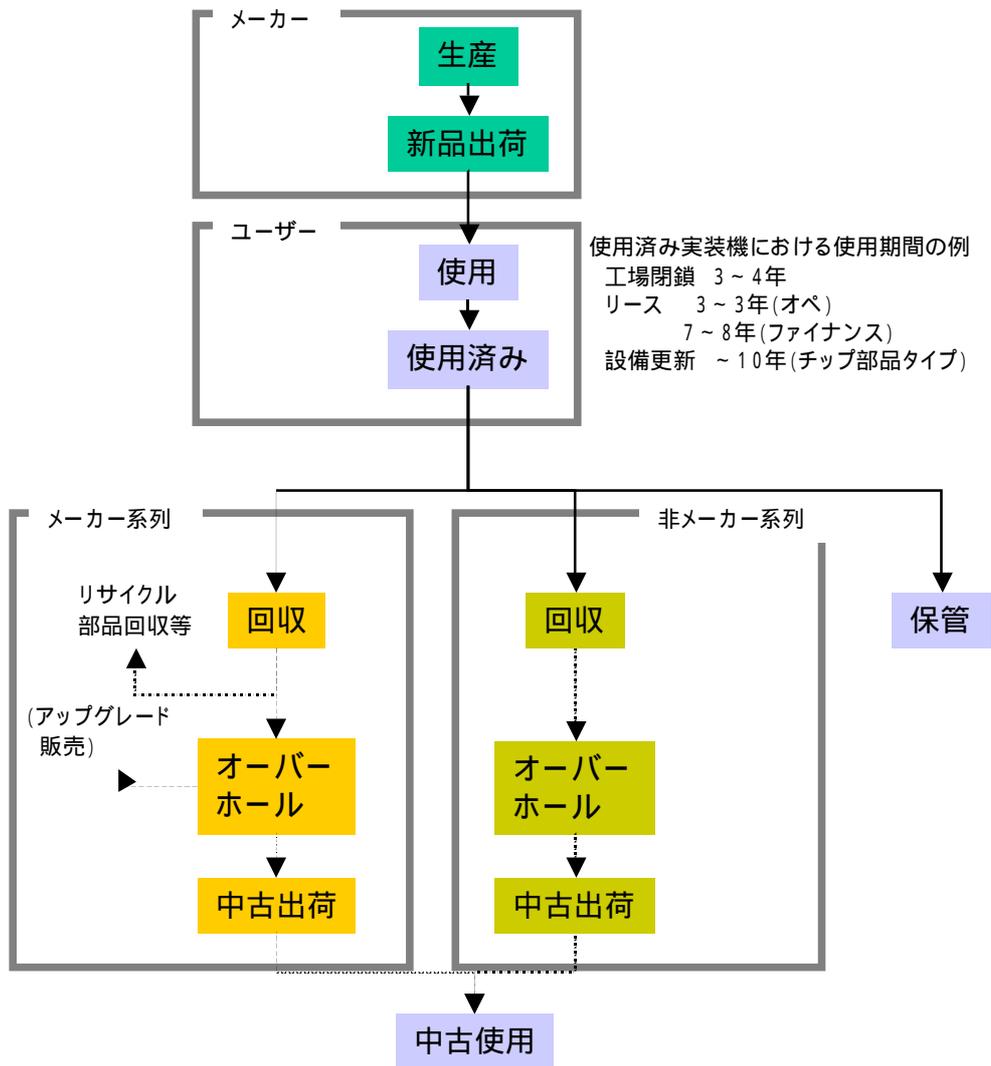


図 2.2-2 実装機のライフサイクルのまとめ

第3章 各国 3R(Reduce Reuse Recycle)についての定量的把握

3.1 既存資料による実態整理

(1) 3Rにおける機能実態

3R面からみた各国の特性は以下のとおりである。また、経済、市場などを加えて、具体的な内容を整理した結果は表3.4-1に示す。

表 3.1-1 3Rについての各国の特性

	市場の成長性	消費者の新品志向	リサイクル施設容量	適正処理技術
日本	小	強	大	高
中国	非常に大	弱	特に大	低
シンガポール	小	強	小	高
マレーシア	大	弱	小	やや低
タイ	大	弱	やや大	やや低

1) 日本

- ・新品市場は平衡状態である。ただし、リユース市場は伸びる傾向が見られる。
- ・消費者は新品やブランドへのこだわりが強い。
- ・廃棄物の適正処理技術は高く、模範的なプラントではほとんど問題は起きていない。
- ・リサイクル施設の容量は比較大きく、環境対策も充実している。リサイクル施設には非鉄金属製錬プラント、セメントキルン、製鉄所等生産インフラを含み、それぞれ合計で数万tの廃棄物をリサイクル(マテリアルまたはケミカル、サーマル)することができる。ただし、手間のかかるリユースやプラスチックのマテリアルリサイクルは一部例外を除いて盛んではない。

2) 中国

- ・市場は経済成長に伴う拡大傾向が非常に強いとされている。
- ・消費者は新品やブランドにこだわらない。
- ・廃棄物の適正処理技術は低く、環境対策のほとんどない施設でのリサイクルや残さの不法投棄等が問題となっている。
- ・リサイクル施設の容量は合計では大きく、生産力ベースで鉄は日本の2倍強、セメ

表 3.1-2 中国のリサイクル関連産業におけるエネルギー効率

産業	単位	原単位(2000)		日中比率
		中国	日本	
鉄鋼	Kgce / t-粗鋼	781	658	119%
非鉄金属	Kgce / t-アルミ	970	454	214%
	Kgce / t-アルミ	14.3	13.0	110%
セメント	Kgce / t-クリンカ	171	121	141%

日本エネルギー経済研究所「中国の省エネルギー潜在力」

ントは5倍と大規模である。ただし、セメントでは生産能力20万t/年以下の小規模なものが殆どで、エネルギー効率も悪いものが多い(NEDO H13 地域別基礎データ分析調査による)。製鉄もエネルギー効率の悪い平炉が多い。非鉄金属も、10万t/年未満の規模の小規模なプラントが大半である。全般的に環境対策やエネルギー効率に問題が大きい。

このほか、労働コストの安さから、人海戦術によるプラスチックのマテリアルリサイクルやリユースなども多く行われている。

- ・外資導入により急速に工業化が進んでおり、電子機器を始めとする各種製品において世界の生産力中でも高い割合を占めており、資材としての再生資源を大量に購入している。

3) シンガポール

- ・市場は平衡状態とされている。
- ・消費者は新品やブランドにこだわりがちな。
- ・廃棄物の適正処理技術は高いが、施設自体は少ない。
- ・リサイクル施設(及び生産インフラ)の容量は少ない。人件費が高く国土が狭くかつ環境基準が厳しいため、貴金属回収等でないと事業がコスト的に成立しない。

4) マレーシア

- ・市場は拡大傾向が強いとされている。
- ・消費者は新品やブランドにこだわらない。
- ・廃棄物の適正処理技術はそれなりに進んでいるものの、運用面での徹底に疑問が残る。
- ・リサイクル施設及び生産インフラは少ない。

5) タイ

- ・市場は拡大傾向が強いとされている。
- ・消費者は新品やブランドにこだわらない。
- ・廃棄物の適正処理技術は高くはない。
- ・リサイクル施設及び生産インフラの容量は、セメントキルン等が比較的大きい。

これらの国の中でも中国は特に市場規模が広く、またリサイクル施設のキャパシティもあり、リユース・リサイクルのための労働力も豊富・安価である。すなわち、中国を抜きにしたグローバル循環は考えにくく、循環システムの検討においても中核的な役割を担うものとして検討していく必要がある。

また、日本はリサイクル施設の能力が比較的大きく、環境対策技術の水準も高いため、これらを有効活用していくことも重要と考えられる。

(2) 各国の法的規制について

調査対象各国における、環境・リサイクル関連の法整備状況は以下のとおりである。

表 3.1-3 調査対象各国のリサイクル関連法規整備状況

	環境基本法等	リサイクル関連法等	廃棄物処理法	資源回収システムの実態 (法に基づかない)
日本	環境基本法 循環型社会形成推進法	各リサイクル法(容器包装、家電、建設、食品、自動車)	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	資源回収業者による自主的回収、デポジット
中国	環境保護法	クリーン生産推進法 (リサイクル品目は國務院で決定) 環境保護産業の発展に関する十五計画 (検討中) 再生資源回収利用管理条例、廃棄家電回収管理弁法、家電リサイクル法	固形廃棄物環境汚染防止法	資源回収システム(國務院商業部再生資源管理弁当室、中国再生資源開発公司、回収センター)
シンガポール		シンガポールグリーンプラン (2012 案:リサイクル政策推進(目標設定、廃棄物削減計画策定))	環境公衆衛生法 有害廃棄物法	廃棄物回収・処理の段階的民営化(リサイクル業者を認定)
マレーシア	環境の質に関する法律		指定産業廃棄物に関する環境の質法 第8次マレーシア計画 固形廃棄物対策	資源回収業者による自主的回収
タイ		(検討中 WEEE)	廃棄物処理法	資源回収業者による自主的回収が中心

日本を除くと、比較的リサイクル関連の法整備が進んでいるといえるのは中国、シンガポールであり、近代的なリサイクル関連法整備が検討されている。

ヒアリング結果によると、シンガポール当局は現状以上の規制や法律の強化をする意思はないとのことである。また、中国では不法投棄・不適正処理等が多いとのことであり、法律があるものの運用面でどこまでカバーされているかは不明である。

3.2 使用済み製品(PC)のグローバル循環実態の推定

使用済み製品のグローバル循環の実態把握の一環として、日本・中国間のPCの移動を定量的に推定した。

(1) 循環量の定量把握

1) 日本におけるPCの実態整理

我が国におけるPCの生産から廃棄にいたるまでの数量推定結果は概ね以下のようになる。

表 3.2-1 日本のPCの販売、稼働及び廃棄状況

新品 PC の出荷台数	1,290 万台 / 年 (2001)
PC 保有台数 (世界銀行資料による)	4,420 万台 / 年 (2001)
使用済み PC の処理・リサイクル量 (リサイクル及び処理処分)	206 万台 / 年 (2001) (38,800 t / 年)
使用済み PC の海外リユース量	18 万台 / 年 (2001) = 3,400 t / 年 (処理リサイクルと同比率とする)
使用済み PC の国内リユース量	112 万台 / 年 (2001) (21,100 t)
使用済み PC 合計	404 万台 (76,000 t)

IT 機器の回収・処理・リサイクルに関する調査報告 2001 年推定値

我が国のPCの廃棄数量等については、社団法人電子情報技術産業協会「IT機器の回収・処理・リサイクルに関する調査報告書」において2001年値の推定がなされているので、これに基づいて整理するものとした。

PCの重量推定は、「IT機器の回収・処理・リサイクルに関する調査報告書」の使用済みPCの重量推定結果(2001年の排出量:ノート2,000t、デスクトップ74,000t)を用い、リサイクルや中古においても重量/台数の比率が使用済み段階と同じであるものとして算出した。

処理・リサイクルには、実際にはさまざまなルートにより解体・リサイクル・最終処分等がなされるが、ここでは一括して計算するものとした。

海外に輸出される PC のノート/デスクトップ比率がどのようなものかは不明であるが、ここでは、処理・リサイクルにおける比率と同じものと考え、重量も比例配分するものとした。

国内から海外に移動してリユースされる PC は、台数ベースでは廃棄量全体の 21%、重量ベースでは、3%程度という結果となった。

2) 中国における実態

中国における PC の生産から廃棄にいたるまでの数量推定結果は概ね以下のとおりである。

表 3.2-2 中国における PC の販売、稼働及び廃棄状況

新品 PC 出荷台数	1,150 万台 / 年 (2003) (2000 年からの累計出荷 3,512 万台)
PC 保有台数	2,470 万台 (2003)
使用済み PC の処理・リサイクル量	データなし
使用済み PC の海外リユース量	"
国内での中古 PC 販売数 (出荷台数 × 10%)	115 万台 / 年 (2003) (21,700 t)
使用済み PC 合計 (政府当局資料による)	500 万台 / 年 (94,300 t)

中国における PC 市場は拡大が著しいため、古すぎるデータは意味がないため直近 2003 年の数値を用いるものとした。

中国国内における中古 PC の販売台数は、現地視察結果や出荷 / 廃棄比率等を踏まえると、日本と同様に新品出荷台数の 10% としてもさほど問題はないように思われるので、そのように算出した。なお、この中古 PC の販売台数には、国内発生だけではなく日本等から輸入されてきた中古 PC も含むものである。

3) 日本から各国に移動する中古 PC

日本からアジア圏に輸出される中古 PC については、各国の PC 保有台数に比例して配分されるものと想定して推定した結果は以下のとおりである。

アジア圏の主な国（地域）	PC 保有台数	構成比	輸出台数
中国	2,470 万	48%	8.6 万台
香港	259 万	5%	0.9 万台
インド	93 万	2%	0.4 万台
インドネシア	230 万	4%	0.7 万台
マレーシア	300 万	6%	1.1 万台
パキスタン	58 万	1%	0.2 万台
フィリピン	170 万	3%	0.5 万台
シンガポール	130 万	3%	0.5 万台
韓国	1,213 万	23%	4.1 万台
ベトナム	93 万	2%	0.2 万台
タイ	170 万	3%	0.5 万台
計	5,186 万	100%	18.0 万台

保有台数は世界銀行による数値

日本からの輸出中古 PC の 48% に相当する 9 万台 / 年が中国に移動しているものと推定される。この値は、中国 PC 市場全体の 1% 弱である。

PC における日本と中国の循環システムは以下のとおりである。現状では新品の出荷台数はほぼ同レベルである。スクラップの輸出については、「IT 機器の回収・処理・リサイクルに関する調査報告書」において海外にリサイクル目的で輸出されていると推定されている値を、貿易統計による銅の輸出の比率で配分するものとした。また、中国からの中古輸出・スクラップ輸出は考慮していない。

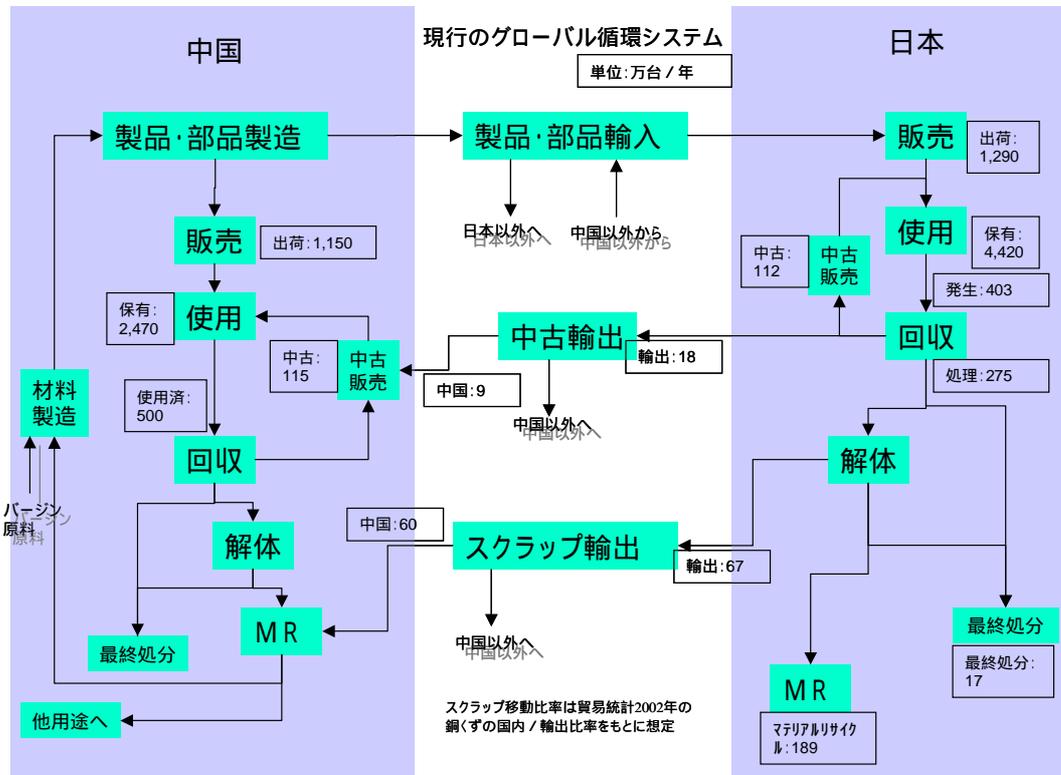
日本から輸出された中古のうち 50%、スクラップのうち 90% 程度が中国に流入している。中国でのリサイクル量や最終処分量は不明である。

表 3.2-3 PC の日中の循環実態

段階	日本		段階	中国	
	台数 (万台)	重量 (1,000t)		台数 (万台)	重量 (1,000t)
国内出荷	1,290.0	90.0	国内出荷	1,150.0	80.2
保有・使用	4,420.0	833.5	保有・使用	2,470.0	465.8
使用済み	403.0	76.0	使用済み	500.0	94.3
中古輸入			中古輸入	9.0	1.7
国内中古	112.0	21.1	国内中古	115.0	21.7
スクラップ輸入			スクラップ輸入	60.0	11.3
マテリアルリサイクル	189.0	35.6	マテリアルリサイクル	287.3	54.2
最終処分	17.0	3.2	最終処分	28.7	5.4
中古輸出	18.0	3.4	中古輸出		
スクラップ輸出	67.0	12.6	スクラップ輸出		

日本と中国のPC重量は同じものと仮定した(ノート、デスクトップあわせての平均値)。
 保有・使用段階のPC 1台あたりの重量は、使用済み段階のPCと同じものとした。
 使用済み以降のPC 1台あたりの重量は、使用済み段階のPCと同じものとした。

図 3.2-1 PC の日中の循環実態



3.4 まとめ

近年の中国の生産能力向上はめざましく、またそれに伴う材料需要としてのスクラップ輸入、消費拡大に伴う製品輸入が増大している。また、輸入したスクラップをリサイクルする施設も十分に存在する。それ以外の国では、日本以外ではリサイクル施設の容量は小さいため、現状ではグローバル循環システムモデルにおける役割は小さい。ただし、中国のリサイクルシステムは前近代的な効率の低い、環境対策の不十分なものが多く、グローバル循環システムの構築にあたっては日本の支援等による効率・環境対策の充実が必要である。

中国の経済成長・生産能力向上を考えると、将来日本と中国の使用済み PC の流れが逆転しないという保証もなく、そうした可能性も踏まえると、今後に向けた適切なグローバル循環システムの構築が望まれるところである。

PC の循環については、日本からの中古 PC が中国 PC 市場に占める割合は約 1% という結果となった。これは、現地調査時の印象（中古は新品の 1 割程度）、既存資料のノート PC 保有比率等とも矛盾しない値であり、目安の数値となりうるものと考えられる。

この値は、比率としては低いものの、絶対量としては無視できない数量であり、また実際には PC 以外にも様々な製品が持ち込まれていると考えられる。PC が使用済みとなっても中国国内では適正な処理・リサイクルが期待できない現状を考えると、現地での回収・リサイクル施設設置等の対策が望まれるところである。

実装機については、北米や欧州の市場が縮小するなか、中国での中古需要が著しく増加しており、工場閉鎖や整理によって発生する中古機を吸収している。また、実装機では中古ビジネスにおいてもメーカーが自らビジネスを展開しようとしており、今後メーカーの関与が大きくなっていくものと思われる。

中国では中古製品の輸入に対して厳しい制限を設けており、現実問題としてグローバル循環システムとは相容れない状況にある。しかし、中国の持つリサイクル・リユース能力及びマーケットはグローバル循環システムを構築していく上で欠かすことのできない要素と考えられることから、規制の撤廃を可能とするような対策、例えば中古製品の移動の脱アングラ化、メーカー等によるコントロール化、環境技術・リサイクル技術の供与等を進めていくことが必要と考えられる。

これまでの調査結果について、各国の特性を整理したものを表 3.4-1 に示す。

表3.4-1 グローバル循環 各国特性の整理 (PC、家電等)

項目		日本	中国	シンガポール	マレーシア	タイ	
経済	人口	127.1百万人	1300.0百万人	4.2百万人	24.3百万人	61.6百万人	
	GDP	424.0兆円	127.2兆円	9.2兆円	10.1兆円	13.4兆円	
	一人当たり所得	355.6万円	10.0万円	219.3万円	37.5万円	21.0万円	
市場	市場成長性	低い(飽和状態) リユース品は伸び傾向あり	非常に高い	低い(飽和状態)	高い	高い	
	保有量	PC台数保有	44.2百万台	24.7百万台	1.3百万台	3.0百万台	1.7百万台
		PC普及率 (1000人当り)	349台	19台	508台	126台	27.8台
		家電(四品目)	336.8百万台	590百万台	3.3百万台	約22百万台	約49百万台
	新品の輸出入	PC	自国産(部品輸入、国内組み立て)	自国産・輸入半々	自国産・輸入半々	自国産・輸入半々	
		家電	自国産中心	自国産・輸入半々	輸入中心	自国生産海外ブランド多	自国産多
	中古市場	PC	自国産中心	一定規模の市場がある	中古市場は小さい	一定規模の市場がある	一定規模の市場がある
家電		中古市場は小さい	一定規模の市場がある		一定規模の市場がある	一定規模の市場がある	
中古供給元		自国内	自国内及び日本等海外	自国内	自国内・一部海外(シンガポール)	自国内及び海外	
市場	消費者需要の傾向	高品位/新品志向/ブランド志向	コストパフォーマンス優先/新品へのこだわりは少ない?	高品位/新品志向/ブランド志向	コストパフォーマンス優先/新品へのこだわりは少ない?	コストパフォーマンス優先/新品へのこだわりは少ない?	
生産	生産の傾向	精密製品・高付加価値品中心、少量多品種生産へシフトしつつある	普及品、大量生産中心	貿易中心・先進国企業による精密系工場がある	大量生産型・先進国企業による精密系工場がある	大量生産型・先進国企業による精密系工場がある	
	生産量	PC	12.9百万台/年	10.6百万台/年	5.2百万台/年	1.2百万台/年	
		家電	8.2百万台/年	30.1百万台/年	3.1百万台/年	14.4百万台/年	15.9百万台/年
労働コスト	平均賃金	287千円/月	5千円/月	143千円/月	28千円/月	13千円/月	
3R	廃棄量	PC	4.0百万台/年	5.0百万台/年			
	家電	8.5百万台/年	14.0百万台/年				
傾向	全体的な傾向	リサイクル中心、リユースはコスト的に不利、	各種普及資材のリサイクルあり、各種リユース・リペアもあり	各種普及資材の回収・輸出が中心。国内では建設廃材などリサイクル。リユース・リペアもあり。	各種普及資材のリサイクルあり、各種リユース・リペアもあり	各種普及資材のリサイクルあり、各種リユース・リペアもあり。	
	政策の方向性	リデュース、リユース、リサイクルの順に誘導 メーカー責任が重視される	生産者責任によるメーカー負担によるリサイクルを検討	最終処分量の抑制が最優先。リサイクルは民間主導。	リサイクル制度の必要性は認識。具体的な検討はなされてない。	WEEE指令に倣った法規制の検討中	
リサイクル施設の能力		リサイクル施設のキャパシティ 大 リサイクル:253百万t, 焼却:580,埋立:77	リサイクル施設のキャパシティ 特大 リサイクル:410百万t, 焼却:3,埋立:521	キャパシティ小・施設は貴金属程度しかない リサイクル:1.8百万t, 焼却:1.7,埋立:1.1	キャパシティ小。手作業レベル リサイクル:0.5百万t, 焼却:0.1,埋立:5.7	キャパシティやや大。 リサイクル:0.2百万t, 焼却:0.1,埋立:5.3	
	鉄(粗鋼生産能力及び鉄くず、廃プラリサイクル)	48.0百万t/年 (廃プラ目標1.0百万t 鉄屑実績33百万t/年)	114.0百万t/年		3.0百万t/年	2.0百万t/年	
	非鉄(銅精錬能力及び非鉄リサイクル)	1.4百万t/年 (非鉄能力0.25百万t)	1.6百万t/年				
	プラスチック材料リサイクル能力	1.4百万t/年	3.2百万t/年				
	セメント生産能力(サーマル等)	92.0百万t/年 (廃プラ廃タイヤ受入0.5百万t/年)	489.0百万t/年		11.0百万t/年	39.0百万t/年	
廃棄物の最終処分	最終処分場の残余ひっ迫		最終処分場の残余ひっ迫				
リユースポテンシャル	再生後の付加価値の高いもの以外は困難	修理可能なものであれば	再生後の付加価値の高いもの以外は困難	修理可能なものであれば	修理可能なものであれば		
環境対策	技術力、対策水準高い	外資系を除き、工場等の環境対策は立ち遅れ、不法投棄や不適正処理が横行	技術水準、対策レベルは高い。	外資系を除き、工場等の環境対策は立ち遅れ、不法投棄や不適正処理が横行	外資系を除き、工場等の環境対策は立ち遅れ、不法投棄や不適正処理もある		
移動規制	輸入規制はない。国内移動、施設規制が厳しい	輸入規制強い・リサイクル資源の輸入困難。ただし、保税庫や適正処理業者などでは受け入れ可能性あり。	受け入れ施設が処理能力あれば輸入規制はない。	輸入規制強い。ただし、廃棄物を輸入するメリット、受け入れ先の処理能力があれば可。	受け入れ側に処理能力、中古製品の年式、価値などを規定する規制あり。 中古・廃棄電気電子製品の取り扱いには許可が必要。条件を満たせば中古等の正規輸入も可能		

第4章 グローバル循環システムの検討

4.1 現状の循環の問題点の整理

現在の循環フロー、すなわち日本で新品を販売、使用し、労働コストが低くリサイクル施設容量の大きい各国に中古として輸出、リユース、リサイクルするというフローは、経済的原理に沿って自然発生しているものであるため、特に外部から規制等を行わなくても維持されるものと考えられる。

しかし、現在の循環フローには以下のような輸出先の国における環境面等での問題点があり、これらを解決しうる構造を備えたグローバル循環モデルを作成することが必要である。

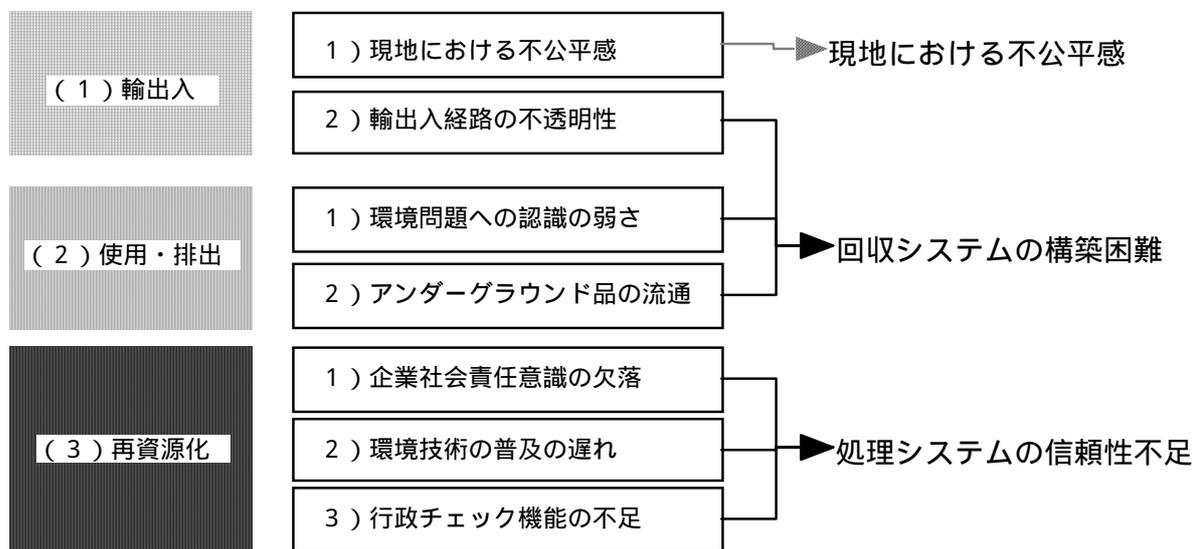


図 4.1-1 現状における問題点の整理

(1) 輸出入

1) 不透明性の強い輸出入

現状の中古製品や再生資源の輸出入は、メーカーや行政の関与していない、不透明性の強い、いわばアンダーグラウンド経済に属する要素が大きいと考えられる。これが全て悪いということではないが、経済原理のみによって行われており行政等のコントロールが効かないため、しばしば不法投棄、有害物質の不適正な取り扱いといった環境問題の原因となっている。また、動作しないものや廃棄物等が混入している等、商品としては状態は劣悪な場合もあり、2R ビジネスの長期的な信頼性を損ねる可能性がある。

2) 現地における不公平感

日本で不要となった製品が廃棄物同然の荷姿で自国に持ち込まれ販売されるという

状況は、現地政府や住民に対し、先進国が市場経済を言い訳に自国をごみ捨て場にしていないかという不公平感をもたらす可能性がある。こうした悪感情は、現実問題としての不法投棄や環境汚染等との相乗作用により大きな貿易問題に発展することも考えられる。

(2) 使用・排出

1) 環境問題への認識の弱さ

現地調査結果によると、消費者の環境問題への認識が弱いため、日本のような使用済み製品の回収に費用を徴収するような回収・リサイクルシステム構築は、費用の支払いを納得せずに不法投棄の多発を招く可能性が高い等の理由により実現困難と考えられる国が多い。

2) アンダーグラウンド品の流通

現在の中国、タイ等においては、正規のメーカー品も販売されているものの、不透明な流通ルートから流入する中古品や模造品等、行政やメーカーのコントロールとは相容れない製品も多く見られる。これらの製品においては、現在の日本の家電やPCのように処理費用を販売時に徴収することは困難であり、こうした抜け穴が大きい以上、将来の回収・リサイクルシステムの構築にあたっては、なんらかの財源を別途確保した上での無料あるいは買い取りといった仕組みを構築せざるを得ないものと考えられる。

(3) 再資源化

1) 企業社会責任意識の欠落

中国の一部の地域で、貴金属リサイクルにおける廃液の不法投棄が問題となり、スクラップの輸入に大きな規制がかかる原因となった。また、現地調査によるヒアリング結果でも、回収製品から銅などの有価物のみを取り出し、残さは不法投棄という事例が挙げられている。近隣各国には多数のリサイクル業者、廃棄物処理業者が存在するが、目先の利益のみを追い掛け法律や環境問題に全く感心のない事業者が少なからず存在すると思われ、汚染のリスクを孕んでいると考えられる。

2) 環境技術の普及の遅れ

我が国の各種リサイクル施設の取り組みを見てもわかるように、有害物質等を含有した製品を安全かつ確実に処理するためには、十分な設備と管理・運転の技術が必要である。しかし、近隣各国のリサイクル業者は規模の小さいものも多いため、そうした投資を行うことができないまま事業を運営している、あるいは環境意識が低く投資する意義を見出せないという業者も少なく無いものと考えられる。このように近隣各国での使用済み製品のリサイクルは環境汚染のリスクを伴いがちであるため、社会的責任のあるメーカー等がシステム展開しにくいものとなっている。

3) 行政チェック機能の不足

近隣各国においても、リサイクル促進や環境保護のための法律、規制等の制定・検討が進められており、その内容を見ると日本や欧米のものとはさほど変わらないものもある。しかし、こうした法律や規制を運用していくにあたっては、個々の事業者のチェックやリサイクルシステムのコントロール等を実施していくための行政機能が不足している可能性があり、こうした法・規制が効果を発揮できないことが懸念される。

4.2 グローバル循環モデル案の作成

(1) グローバル循環モデル案の作成

グローバル循環の典型的なパターンを想定すると、

A. 自国処理：自国で発生した廃棄物は自国で処理する。

B. 海外（適地）処理：労働コストが安かったり、処理技術のあるところなど外国で処理する。

C. 折衷処理：処理する場所は自国、他国の両方ある。どちらで処理するかは、廃棄物の特性や処理能力、経済性など様々な要素で依存する。

ここでは、持続性あるグローバル循環モデルとして以下のパターンを想定した。なお、具体的な検討では、簡略化のため、暫定的に日本・中国2国モデルのみとしている。実際、処理容量や技術的可能性等を考えると、当面中国以外の国は考えにくい。また、グローバル循環モデルの設定においては、製品の回収や輸出入、リサイクル等は公共やメーカー等によって把握され、不法投棄や不適正処理等の防止は達成されているものとし、現在存在する貿易に関する各種の規制は考慮していない。

1) 現行システム改善モデル

現状を改善して中国に高度なリサイクル施設等を建設し、日本で発生した中古製品及びスクラップを輸出し、適切なリサイクルを実施すると想定するモデルである。このモデルの構築にあたっては、中国国内での回収システム構築、不公平感の解消が問題となる。

2) 中国 2R 特区モデル

現地に使用済み製品のリサイクル、リファーマービッシュ(Refurbish)等を行うための2R特区を設置し、日本からの使用済み製品を輸出すると想定するモデルである。有価物や再生製品は販売し、現地で処理の困難な廃棄物は日本に持ち帰って処理することにより、不公平感の解消、有害物質処理をはかるものとした。このモデルの構築にあたっては、回収システム構築が問題となる。

3) 日本 2R 特区モデル

不公平感の解消、有害物質処理をはかるため、日本に使用済み製品のリサイクル、リファーマービッシュ等を行うための 2R 特区を設置し、外国で発生した使用済み製品を受け入れると想定するモデルである。このモデルの構築にあたっては回収システム構築、日本への輸送及び特区における労働コストが問題となる。

4) マテリアル均衡モデル

経済側面と環境側面のバランスをとりながら不公平感を解消するための目安として、マテリアルフローの観点から、輸出した使用済み製品と等量の再生資源製品を日本が輸入して均衡をはかるというモデルである。このモデルの構築にあたっては回収システム構築、有害物質の処理が問題である。

(2) グローバル循環モデルにおける移動台数の設定

数量の設定にあたっては、平成 16 年現在は中国の経済成長が著しいことから、将来値として 2010 年を想定して行うものとした。2010 年を選定した理由としては、この程度の期間であれば推計を大きく狂わせるような予想外の出来事（戦争、技術革新等）が発生しにくいと思われること、PC が普及して使用形態等が日本に近くなるのではないかとと思われることである。

	総人口	第 3 次産業人口	一人あたり GNI
日本	12,700 万人	4,000 万人	36,000 ドル
中国	137,200 万人	9,200 万人	900 ドル

日本のパラメータは 2001 年とかわらないものとした（世界国勢図絵）

中国の総人口は OECD「2020 年世界エネルギー展望」による 2010 推定値

中国の第 3 次産業人口は 2001 年とかわらないものとした（世界国勢図絵）

中国の一人あたり GNI は 2001 年の 2 倍とした。

グローバル循環モデルにおける台数の設定の考え方は以下のとおりである。

・ 年間の出荷台数 = 事務系出荷台数 + 家庭系出荷台数

事務系出荷台数 = (第 3 次産業人口 / 5)

家庭系出荷台数 = (総人口 / 30 × 一人あたり GNI の対日本比率)

PC の用途として事務系と家庭系をそれぞれ算出し、合計を出荷台数とするものとした。事務系については、使用比率が高いと思われる第 3 次産業の人口を目安とするものとし、一般的な使用期間を勘案して第 3 次産業人口の 1/5 に相当する台数が毎年出荷されるものとした。家庭系は、総人口に対し一定の比率で出荷されるものと考え、出荷総数から事務系台数を引いた値をもとに日本の場合 1/30 という係数を設定するものと

した。また、購買力を勘案するために一人当り総所得の比率を係数のとした。

・ 年間の使用済み台数 = 出荷台数 × 0.7

JEITA の推定によると、2010 の使用済み PC は 840 万台（ノート 240 万台、デスクトップ 600 万台）となる（グラフより読み取り）。これは、想定出荷台数の 70% にあたることから、この比率をもって使用済み PC が発生するものとした。

・ 中古販売 = 出荷台数 × 0.1

・ 中国への中古の輸出 = 輸出総数 × 0.5

・ 中国へのスクラップの輸出 = 輸出総量 × 0.9

調査結果より、それぞれこのように係数を設定するものとした。

・ 使用済み PC のうち中古量（最大値） = 使用済み台数 / 3

・ スクラップの輸出比率 = 解体数 / 4

現状の循環量の比率を基に係数を設定した。

現状の循環量の比率を基に係数を設定した。

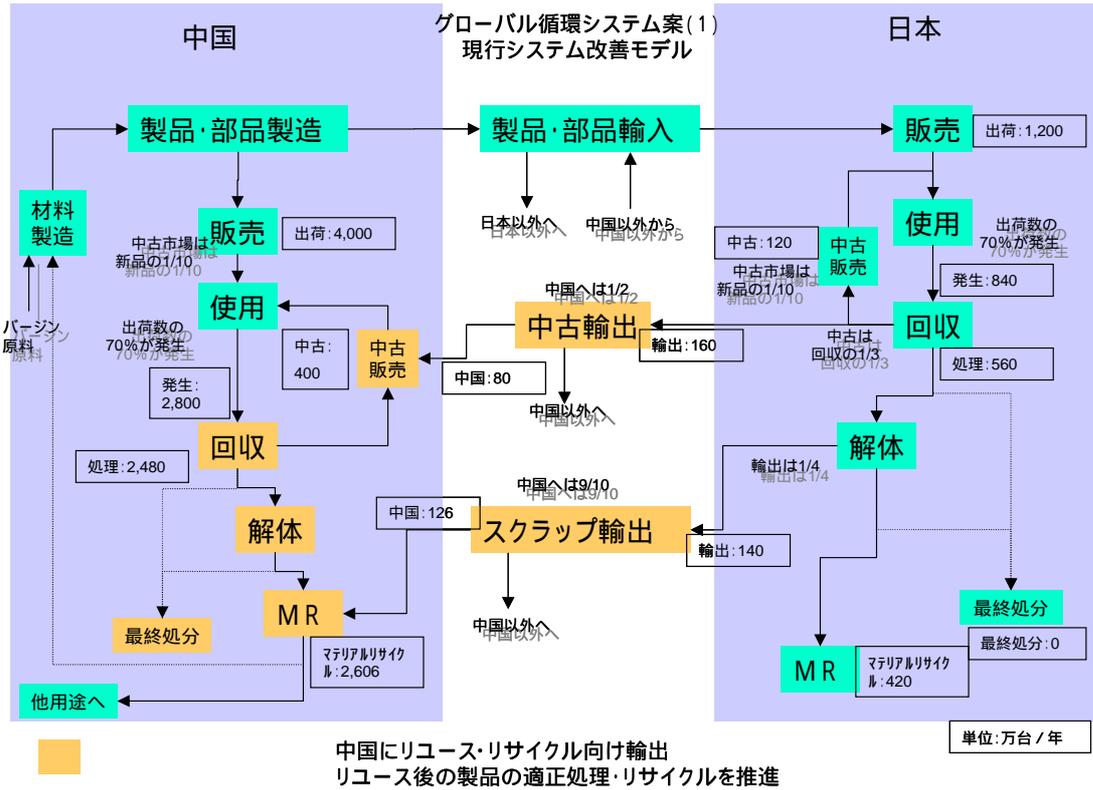


図 4.3-1 グローバル循環モデル(1)現行システム改善モデル

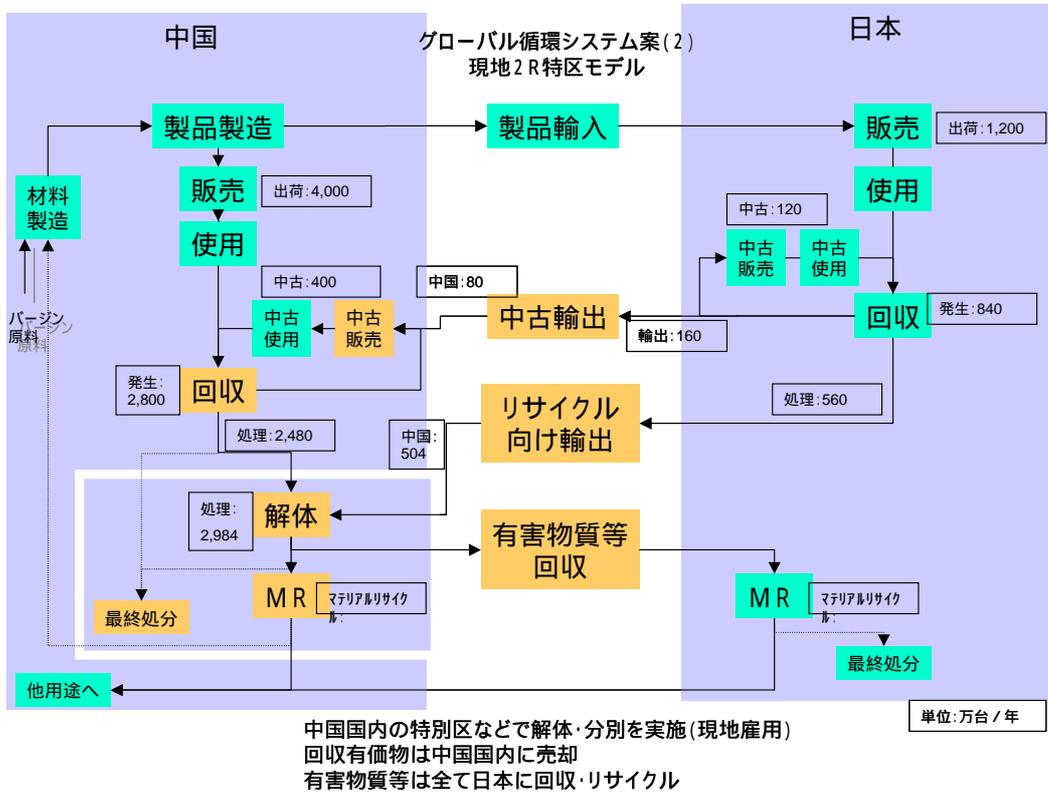


図 4.3-2 グローバル循環モデル(2)中国 2R 特区モデル

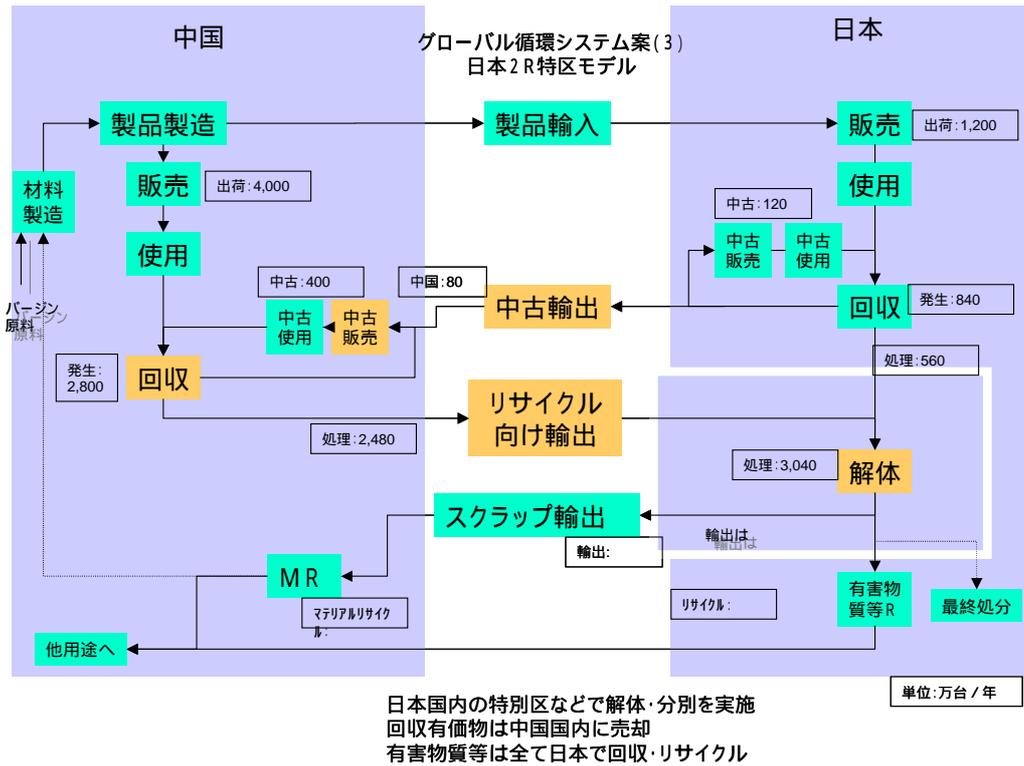


図 4.3-3 グローバル循環モデル(3)日本 2R 特区モデル

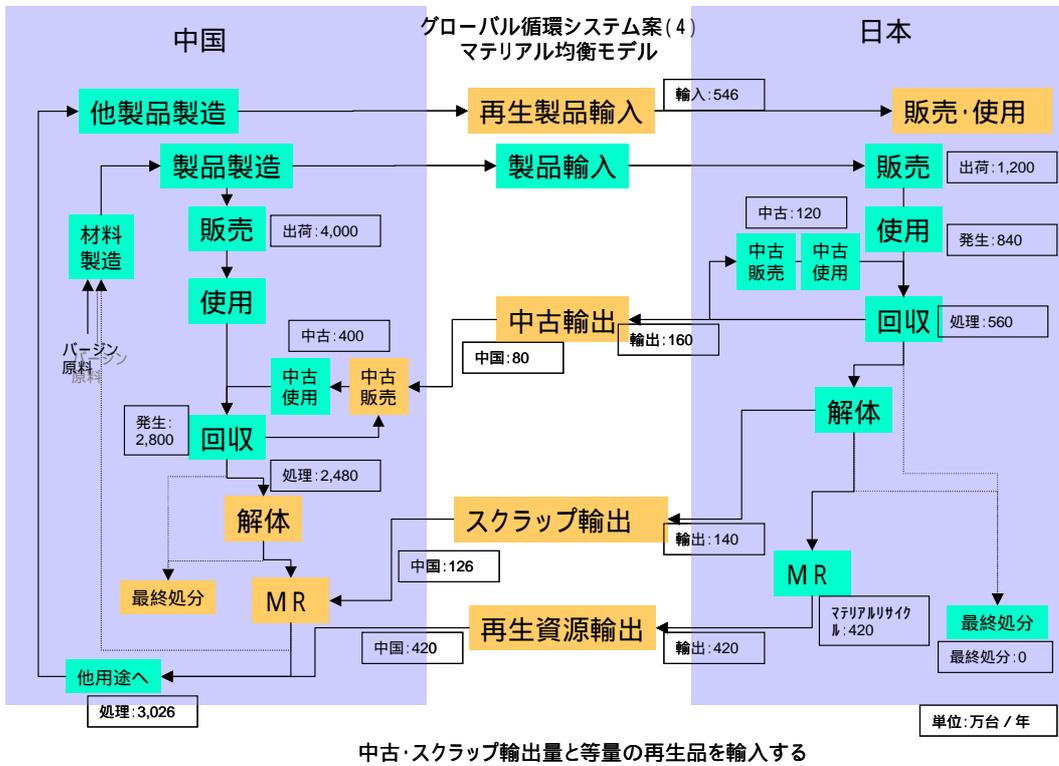


図 4.3-4 グローバル循環モデル(4)マテリアル均衡モデル

4.3 グローバル循環モデル案のマテリアルフロー

(1) 対象 PC の組成及び重量設定

グローバル循環モデルにおけるマテリアルフローを検討するにあたり、対象 PC の組成を以下のように想定した。(素材量 = D 台数 × D 重量 × D 構成比 + N 台数 × N 重量 × N 構成比)

表 4.3-1 PC の素材構成及び重量

素材	デスクトップ	ノート
鉄	20.0%	7.0%
銅	2.0%	1.5%
プラ	15.0%	29.5%
ガラス	30.0%	7.5%
その他	33.0%	54.5%
計	100.0%	100.0%

素材構成比はH12通商産業省資料より

	デスクトップ	ノート
重量 (kg)	14.4	2.5

重量はJAITA2006年推定値

(2) マテリアルフローにおける設定

1) 現行システム改善モデル

- ・日本での国内 MR 対象 PC 組成のうち、プラスチックとガラスをスクラップ輸出に加え、その他を最終処分にするものとした。
- ・中国国内での MR 対象 PC 組成のうち、「その他」を最終処分にするものとした。

2) 中国 2R 特区モデル

- ・中国国内での MR (Material Recycle) 対象 PC 組成のうち、「その他」が最終処分されるものとした。

3) 日本 2R 特区モデル

- ・日本での解体後、鉄と銅は国内 MR、プラスチックとガラスをスクラップ輸出とした。
- ・日本での解体後、「その他」を国内最終処分するものとした。

4) マテリアル均衡モデル

- ・日本での国内 MR 対象 PC 組成のうち、プラスチックとガラスをスクラップ輸出に加え、その他を最終処分にするものとした。
- ・中国国内での MR 対象 PC 組成のうち、「その他」を最終処分にするものとした。
- ・中国の中古輸入及びスクラップ輸入と同量の再生資源製品を日本が輸入するものとした。

(3) 各グローバル循環モデル案におけるマテリアルフロー

各グローバル循環モデル案におけるマテリアルフローは以下の通りである。また、各組成の移動量を参考資料1に示す。

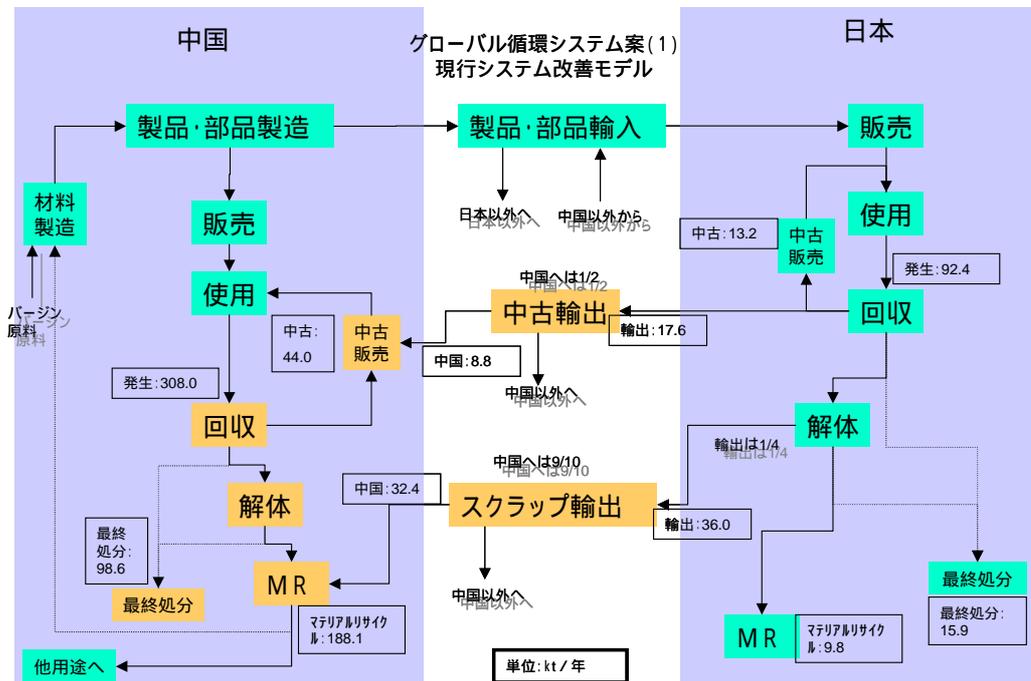


図 4.3-1 グローバル循環モデルのマテリアルフロー(1)現行システム改善モデル

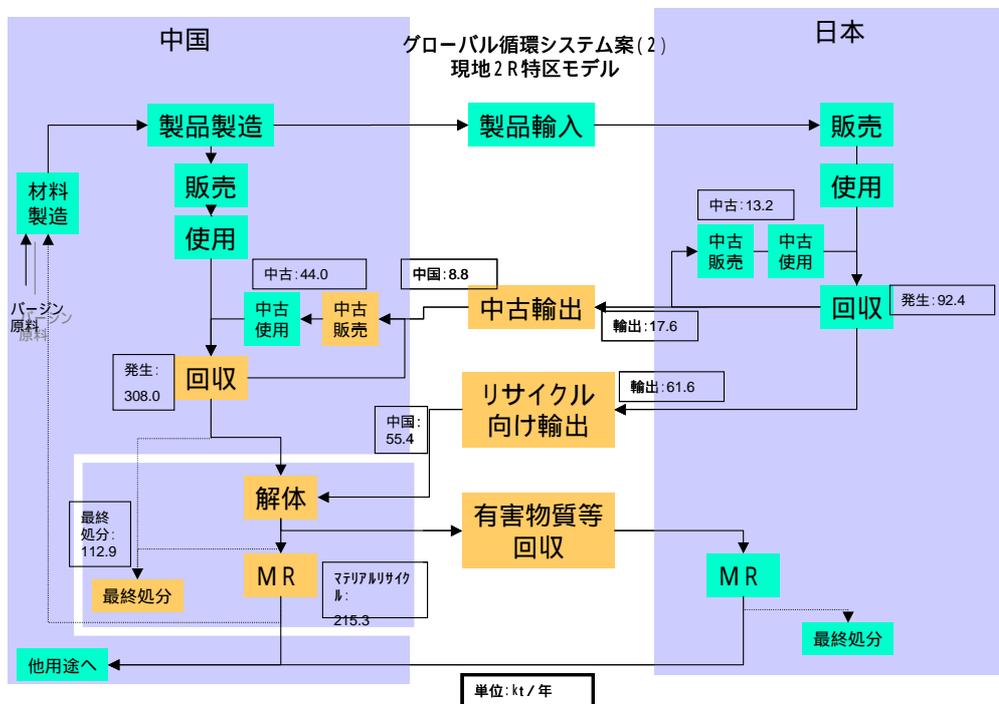


図 4.3-2 グローバル循環モデルのマテリアルフロー(2)中国 2R 特区モデル

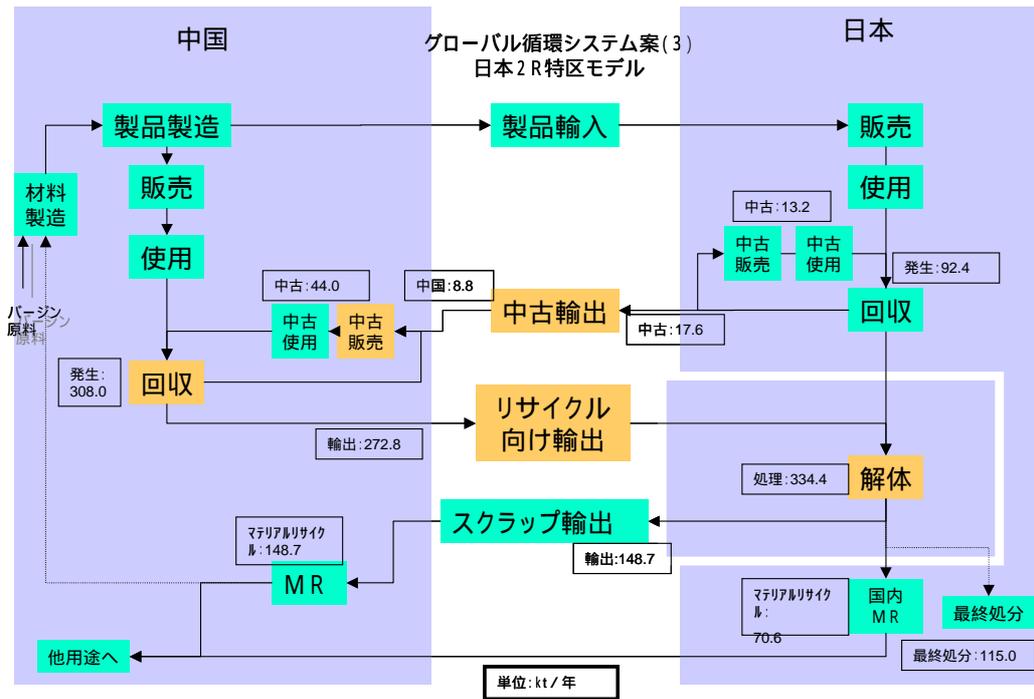


図 4.3-3 グローバル循環モデルの材料フロー(3)日本 2R 特区モデル

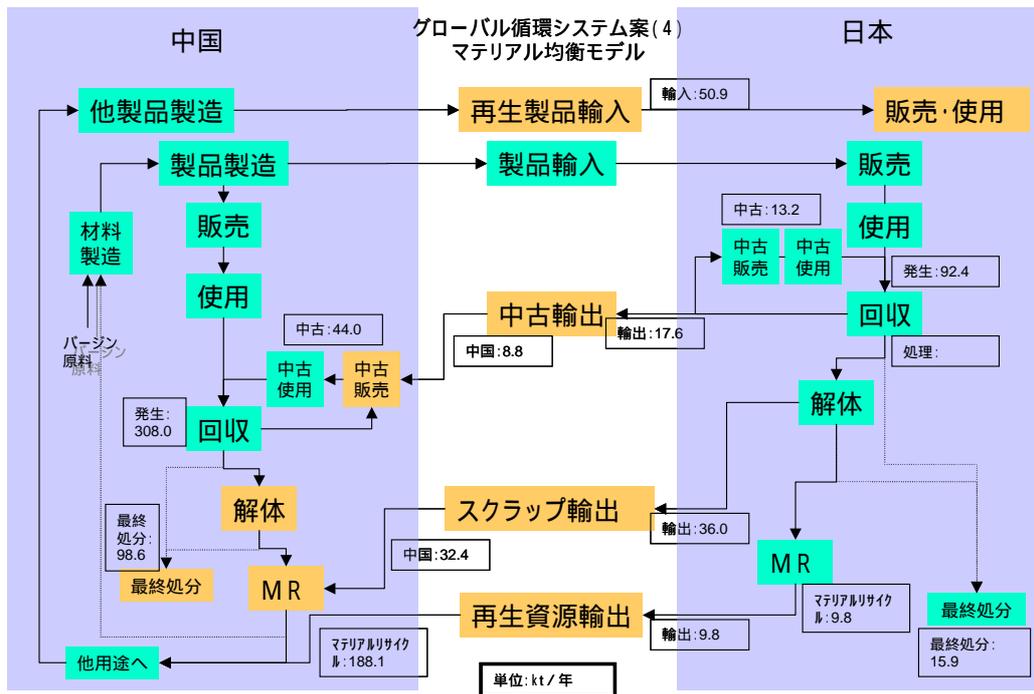


図 4.3-4 グローバル循環モデルの材料フロー(4)マテリアル均衡モデル

(4) 輸送と燃料の消費

各グローバル循環モデル案における輸送に伴う燃料の消費は以下のとおりである。燃料消費の原単位は日本国内のものを流用することとした（燃料消費量 = 輸送距離 × 輸送重量 × 燃料消費原単位）。

輸送距離については、海運は日本関東地方と中国南部（香港周辺）、国内陸運は関東近辺から東北・中部範囲での輸送を、中国陸運は中国南部(香港周辺)と中国中央部(南京周辺)を、回収についてはそれぞれ都市周辺をイメージしている。

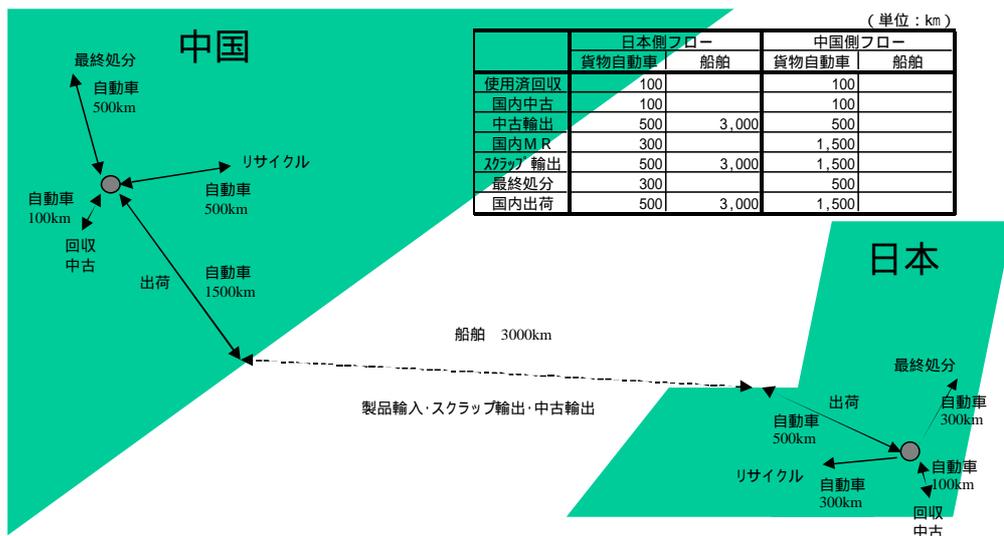


図 4.3-5 輸送距離の想定

輸送	単位	1改善	2中国2R	3日本2R	4均衡
貨物自動車	(kt) 石油	146.4	157.4	176.8	147.6
船舶	(kt) 石油	22.9	22.9	52.4	25.6
合計	(kt) 石油	137.7	148.3	176.4	137.7

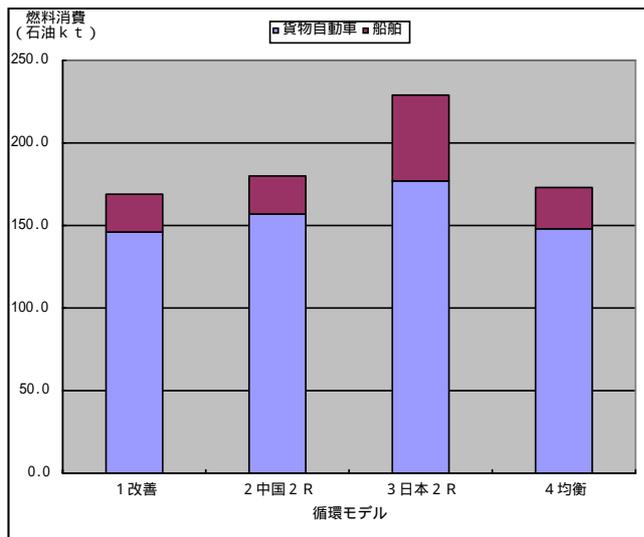


図 4.3-6 各循環モデルの燃料消費量

表 4.3-2 表輸送による燃費原単位

輸送手段	原単位 (H13値)	燃料種類
鉄道 (貨物)	0.13 Mwh / kt * km	電力
貨物自動車	0.13 t / kt * km	石油
海運 (内航)	0.02 t / kt * km	石油
航空 (国内)	0.70 t / kt * km	石油

交通関係エネルギー要覧(H15)

日本 2R 特区モデルが他に比べて特に燃料消費量が多い。これは、他と比べて日本 中国間の移動プロセスが増え（日本へのリサイクル向け輸出）、そのプロセスによる運搬量が多いためである。

4.4 費用（コスト）による評価

各グローバル循環モデルについて、費用面からの分析を行った。ここでは、製造・リサイクル等のコストは日本と中国で同一であると仮定し（製造、リサイクルは大半が中国で行われているため）、輸送及び解体の費用について算出、評価した。

(1) 費用の原単位

モデルの各プロセスにおける輸送費用の原単位及び解体費用の原単位は以下のとおりである。

1) 輸送費用の原単位

輸送は、梱包状態（出荷時、中古出荷時）とむき出しの状態の無梱包とに分け、梱包状態では無梱包の2倍の容積を必要とするものとした。また、陸上輸送は全てトラックを想定し、既存資料等に基づいて妥当と考えられる単価を設定した。

表 4.4-1 輸送費用の原単位

区分		距離 km	単価 円/t	荷姿	備考
日本陸上	回収	100	20,000	無梱包	2t車、1t積み 一般貨物運賃統計値により想定
	国内中古	100	7,000	梱包	10t車、5t積み "
	中古輸出	500	10,000	無梱包	10t車、10t積み "
	MR	300	7,500	無梱包	10t車、10t積み "
	スクラップ輸出	500	10,000	無梱包	10t車、10t積み "
	最終処分	300	20,000	無梱包	最終処分費込み 2001建設施工単価により想定
	国内出荷	500	25,000	梱包	10t車、5t積み 一般貨物運賃統計値により想定
海上輸送		3,000	15,000	無梱包	40ftコンテナ10t積み JETRO海外情報により想定
中国陸上	回収	100	6,000	無梱包	2t車、1t積み ヒアリングにより想定
	国内中古	100	2,000	梱包	10t車、5t積み "
	中古輸入	500	5,000	無梱包	10t車、10t積み "
	国内MR	1,500	15,000	無梱包	10t車、10t積み "
	スクラップ輸入	1,500	15,000	無梱包	10t車、10t積み "
	最終処分	500	10,000	無梱包	10t車、10t積み "
	国内出荷	1,500	30,000	梱包	10t車、5t積み "

10t車には、梱包状態でデスクトップ320セット+ノート120セット積み込みと想定

無梱包の場合はデスクトップ640セット+ノート240セットと想定

10t車と40ftコンテナの積載量は同じと想定

2) 解体費用の原単位

解体は、手作業によりマテリアルリサイクル可能なレベルにまで解体するために要する時間を想定し、その時間を日本及び中国の平均賃金をもって時給換算するものとした。

解体所要時間については、下記の資料 1より、デスクトップPCについては本体とモニタの平均解体時間の合計を、ノートPCについては構造デスクトップ本体の解体時間で最大の値を当てはめるものとした。平均賃金については下記の資料 2より、1ヶ月あたり25日8時間労働として時給に換算した値を使用するものとした。

1 小野田弘士、永田勝也、納富信「易解体性を考慮した設計手法の検討」

日本設計工学会誌 Vol.38 No.12 pp.46-52

2 財団法人日本ILO協会「国際労働経済統計年鑑2000」に基づく想定値

費用の算出結果

表 4.4-2 解体費用の原単位

区分	解体時間 秒/台	解体費用原単位	
		日本 円/台	中国 円/台
デスクトップPC	1,800	750.0	25.0
ノートPC	1,200	500.0	16.7
平均		714.3	23.8

平均賃金(円/時) 日本: 1,500
中国: 50

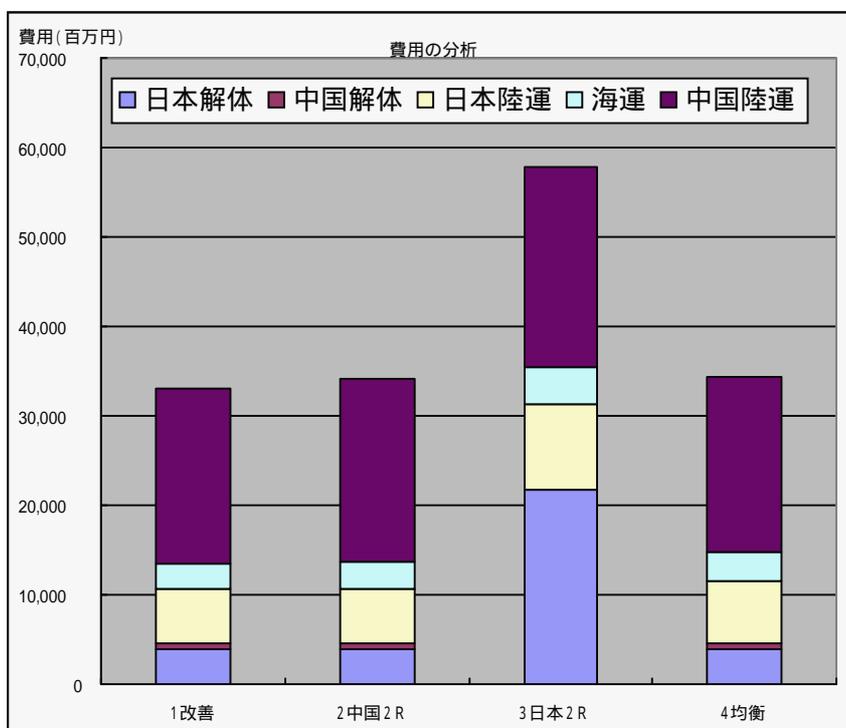


図 4.4-1 費用による各モデルの評価結果

各モデルでの輸送及び解体に要する費用の総計は図 4.4-1 のとおりである。なお、ここでの算出費用は、日本と中国で発生の使用済み PC3,600 万台の全体を対象とする値である。

日本 2R 特区モデルが、単価の高い日本国内での解体量が多いため特に費用が大きいという結果となった。それ以外のモデルでは、中国での陸運費用が最も多く、次いで日本での陸運費用、海運費用という構成となっている。

4.5 E2-PA(環境効用ポテンシャル評価手法)を用いた定量評価

E2-PA(環境効用ポテンシャル評価手法)とは、早稲田大学永田勝也教授の指導のもと、インバース・マニュファクチャリング・フォーラムで開発を行ってきた、製品やシステムの環境効率を定量的に評価する手法である。E2-PA では、資源枯渇性の観点から、物質やエネルギーの消費、リサイクルによる資源の回収等を、資源強度(単位: kg/y または t/y、y は可採年数)という単一の尺度に換算して扱うことができるため、物質収支、エネルギー収支等を統合的に取り扱うことが容易である。

そこで、グローバル循環モデル案について、マテリアルフロー及び輸送エネルギー消費を資源強度に換算しての比較評価を行った。E2-PA の概要は参考資料 2 に示すとおりである。

(1) E2-PA による評価

各モデルにおける新品生産及び輸送による物質・エネルギーの消費(プラス側)、リサイクル(MR)による物質・エネルギーの回収・節約(マイナス側)を資源強度に換算して比較した結果は図 4.5-1 のとおりである。なお、簡便のため中古の修理や解体時の消費エネルギー等については想定から省略している。日本 2R 特区モデルが輸送エネルギー消費が大きい分、他のモデルよりも資源強度がやや大きいが、それ以外のモデルについては大きな差は見られなかった。

(単位：t/y)

	新品生産	M R	最終処分	輸送	計
(1) 改善	20,934	-3,486	229	3,452	21,130
(2) 中国 2 R	20,934	-3,896	228	3,717	20,983
(3) 日本 2 R	20,934	-3,877	96	4,421	21,574
(4) 均衡	20,934	-3,486	212	3,452	21,113

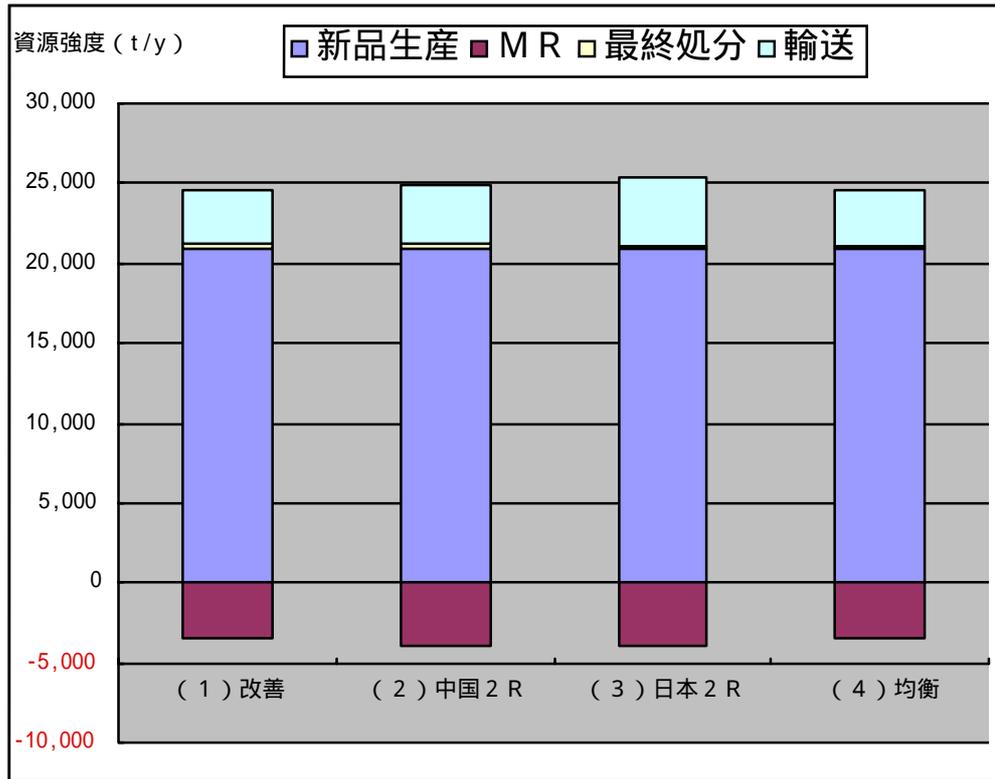


図 4.5-1 各モデルの資源強度換算結果

表 4.5-1 資源強度換算に用いた原単位

単位：(kg/y/kg)

日本	種類	生産	MR	最終処分
材料	鉄	0.013	0.007	0.001
	銅	0.050	0.027	0.001
	プラスチック	0.041	0.012	0.001
	ガラス	0.045	0.016	0.001
	その他	0.013	0.007	0.001

中国	種類	生産	MR	最終処分
材料	鉄	0.017	0.007	0.002
	銅	0.060	0.033	0.002
	プラスチック	0.066	0.017	0.002
	ガラス	0.066	0.025	0.002
	その他	0.017	0.007	0.002

日本	種類	原単位
エネルギー	石油（輸送燃料）	0.025
	電力	0.005

中国	種類	原単位
エネルギー	石油（輸送燃料）	0.031
	電力	0.007

資源強度原単位の前提条件は以下のとおり。

- ・その他の材料については、鉄と同じ原単位とした。
- ・プラスチックはPS（ポリスチレン）の値を用いている。
- ・最終処分については、非鉄製錬でのスラグ化を想定するものとした。
- ・中国の各原単位については、IEEJ 2003.7「中国の省エネルギー潜在力」より日本との効率の係数を求め算出した。

(2) 中国の将来市場予測を変更した場合の評価結果

中国のPC市場規模の将来予測値として4000万台/年を用いたが、中国の経済が今後どのように変化するか、またそれに伴うPC需要がどのような影響を受けるかは不確定な要素が強い。そこで、こうした変動要因がどのような影響を与えるかを把握するために、中国PC出荷が予測よりも増加する場合と予測以下の場合とについて、マテリアルフローを求め、E2-PAによる分析を行った。

想定は、予測よりも増加する場合については8000万台、予測以下の場合については1200万台（現状維持）とし、日本は変化しないものとした。これらをE2-PAで評価した結果は以下のとおりである。

環境負荷の大きい日本2R特区モデルは中国の出荷台数が予測より増加したケースでは特に大きくなり、減少した場合は他のモデルと同程度となる。

マテリアル均衡モデルはどのケースでも最も低い環境負荷となった。

全体的には、この変化範囲では特に大きな有利・不利は見られない。また、この傾向を見ると、今後中国での出荷台数がどのように変化するかによ、日本 2R 特区モデルには環境面でのリスクはあってもメリットはないようである。

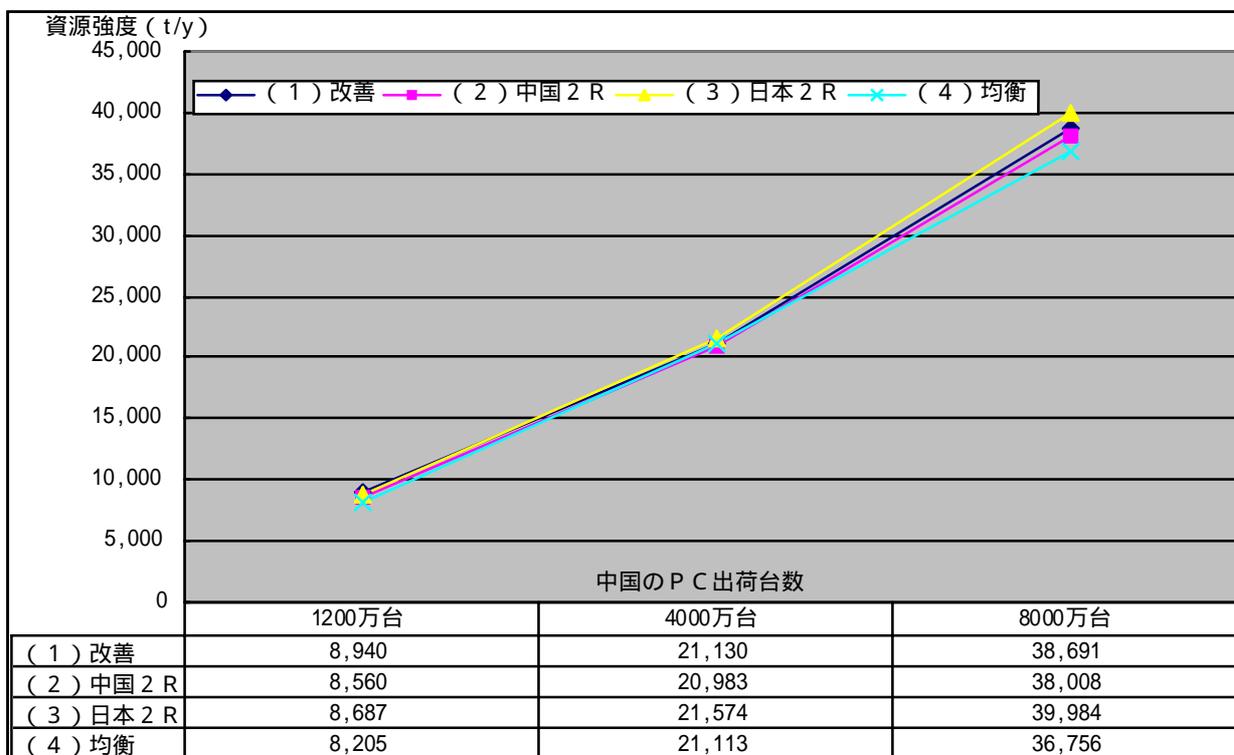


図 4.5-2 中国の予測を変更した場合の E2-PA 評価結果

(単位: t/y)

	新品生産	MR	最終処分	輸送	計
(1) 改善	38,247	-6,619	412	6,651	38,691
(2) 中国2R	38,247	-8,543	411	7,893	38,008
(3) 日本2R	38,247	-6,937	171	8,503	39,984
(4) 均衡	38,247	-8,434	203	6,740	36,756

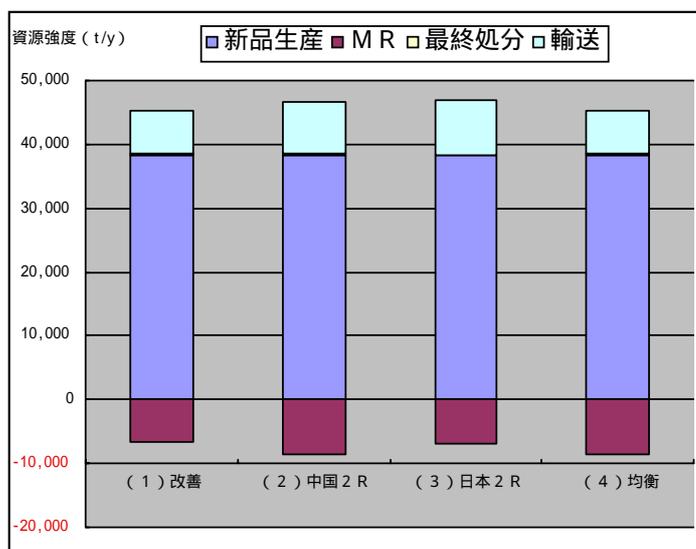


図 4.5-3 中国 PC 出荷数 8000 万台の場合の各モデルの E2-PA による評価結果

(単位: t/y)

	新品生産	M R	最終処分	輸送	計
(1) 改善	8,815	-1,128	91	1,162	8,940
(2) 中国 2 R	8,815	-2,069	100	1,714	8,560
(3) 日本 2 R	8,815	-1,734	43	1,563	8,687
(4) 均衡	8,815	-1,960	48	1,301	8,20

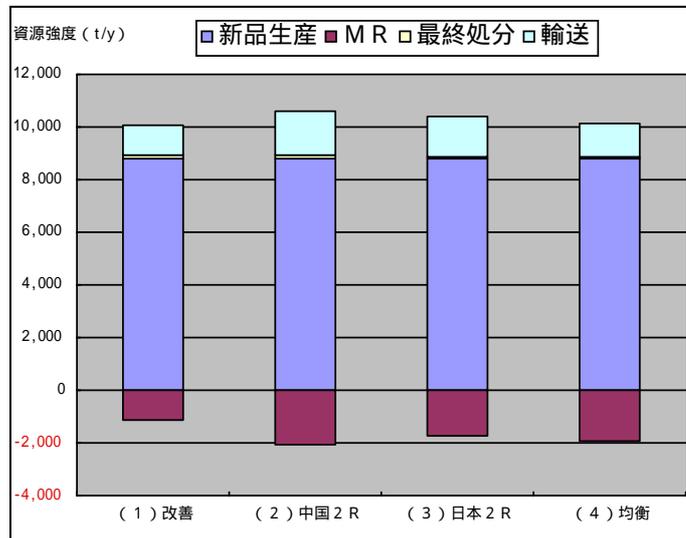


図 4.5-4 中国 PC 出荷数 1200 万台の場合の各モデルの E2・PA による評価結果

4.6 評価のまとめ

費用で見ると、日本に特区を設定する日本 2R 特区モデルは、解体にかかる費用が他よりも特に大きく、不利であるという結果となった。それ以外のモデルでは、日本・中国・海上の輸送費用が 86～87%と高い割合を占めている。

資源強度で見ると、いずれのモデル、いずれの想定でも製品生産による資源消費が最も大きい割合を占め、最終処分の影響は小さいという結果となった。ただし、日本に特区を設定する日本 2R 特区モデルは、輸送にかかる資源消費が他よりも大きいため不利である。輸送以外の資源消費、資源回収については各モデルとも大きな差は見られなかった。

以上より、日本 2R 特区モデルはコスト、資源強度の両面で不利であり、現状を無視した特異なシステムは不合理であることが明らかとなった。それ以外の 3 モデルについてはいずれも費用、資源強度の面からは大きな差はなく、他の要素、不公平感等を考慮し、またモデルをより具体的に設定して選択、検討することが必要と考えられる。

第5章 グローバル循環システムの実現に向けた今後の課題と展開

グローバル循環システムにより、より有効な資源の活用並びに環境負荷の抑制をはかるものと期待されるが、その実現に向けて解決が必要と考えられる課題は以下のとおりである。

(1) グローバル循環システム実現に向けた理解の促進

グローバル循環システムは、関係する各国が相互にメリットを得つつ、資源の有効活用の向上と環境負荷の抑制をはかるシステムである。

しかし、現在のリサイクル向けの廃棄物の輸出は、ややもすると排出国の日本や欧米が不要物を処理側の途上国等に一方的に押し付ける構図になりがちである。例えば、資源と偽って医療廃棄物が陸揚げされたり、使用後の適正処理の困難な製品であっても中古向けとして輸出されたりすることがあり、こうした問題が積み重なって中国当局などは使用済み製品の輸入に否定的な態度をとっている。

グローバル循環システムを実現していくためには、まずはこうした行政当局等による規制緩和を求めていくことが必要であり、そのためには、日本が自国の都合を押し付けているのではなく、相互にメリットが得られる不公平のないシステムであることを理解してもらうことが必要である。

そのためには、今後の調査で、以下の項目をより明確化していく必要があると考えられる。

1) グローバル循環によるメリット・デメリットの具体化

今回は一般的モデルによる基本検討を行ったが、今後海外にアピールしていくためには、具体的な地域や製品等を対象としての詳細なモデルを構築し、各国のメリット、デメリットを明確化することが必要と考えられる。

- ・具体的な地域を想定しての詳細なモデル構築
- ・環境負荷のより詳細な検討
- ・グローバル循環がもたらす現地への経済波及効果

2) 不公平感の解消

不要物の移動に伴う不公平感を解消するためには、関係各国のマテリアルフローを解明し、輸出入のバランスをとるためにはどのような施策が必要かを検討することが有効と考えられる。

- ・関係各国へのリユース向け使用済み製品・リサイクル向けスクラップの移動量の把握
- ・関係各国でのリサイクル実態の整理
- ・関係各国における再生資源製品の移動量の把握
- ・不均衡の解消政策の検討

3) 汚染リスクへの対策

グローバル循環システムを海外にアピールしていくにあたっては、不適正処理等による環境汚染のリスクを明らかにし、コントロールするための方策を明確化することが必要と考えられる。

- ・関係各国における有害物質の移動量の把握
- ・各国の有害物質処理能力の実態把握
- ・日本から輸出が望まれる環境対策技術の整理

(2) 将来のグローバル循環システム構築における課題

将来のグローバル循環システム構築にむけて、解決する必要がある課題としては以下のとおりである。

1) 使用済み製品輸出入の透明化に向けた体制の整備

中国においては、使用済み製品の日本式の回収システムが適用困難であるため、無償あるいは有価での回収システムが必要と考えられるが、そのためには財源の確保、並びに制度を悪用するようなアウトロー業者への対策が必要と考えられる。特に、現状では多くの使用済み製品は密輸により輸入されているため、関税による費用の徴収や使用後の追跡が不可能である。そこで、グローバル循環システムの構築においては、使用済み製品の輸入を制度化して行政やメーカーのコントロール下に組み込むことで、費用の徴収や廃棄までの追跡を実現していくことが有効と考えられる。

2) 使用済み製品の回収システムの構築

グローバル循環システムにメーカーが関与していくためには、日本以外の国でも使用済み製品を確実に回収し適正処理が担保されるようなシステムの構築が不可欠である。販売時の費用徴収等で財源を確保できれば、使用後の回収についてはできるだけ法規制に頼らず、経済原理に沿って成立するような仕組みであることが望まれるところである。特に、中国等労働コストの安価な国においては日本ではできないような回収・リサイクルシステムが実現する可能性もあり、例えば、使用済み製品を有価で回収し、これを手作業で解体・分別し、全て資源として売却あるいは適正処理するような仕組みが経済的に成り立つ可能性も考えられる。

3) 環境対策技術への支援

我が国の廃棄物処理・リサイクル施設の環境対策は高い水準にあるものが多く、技術、ノウハウが蓄積されている。周辺各国においてリサイクルや有害物質処理を行うことが前提となるグローバル循環システムの構築においては、使用済み製品の適正処理を担保するために、既存のリサイクル施設等にこうした技術やノウハウを日本より供給していくことが必須と考えられる。

(3) 今後の展開

以上グローバル循環システムに関して、その可能性の検討とモデルの提案、評価を行い、課題を示した。

中古製品の市場の大きさ、廃棄物処理に対するポテンシャルの高さ、再生資源への需要の大きさ等から、当面は中国と日本との間での製品循環の実現性が高いと思われる。中国に廃製品の処理基地を設置することをすでに検討している企業もあるとも聞いているが、現在、中国は日本からの中古／廃電気製品の輸入を原則として禁止している。

今後、両国間での循環が、コスト面だけでなく、資源やエネルギーの有効利用に貢献することを明確に示して、グローバルな循環システムの実現に向けての一步を進めていきたい。そのためには、経済面、環境面からだけでなく、政治／社会面からも、より詳細な検討を進めていく必要がある。

- 禁無断転載 -

15 - R - 6

グローバル循環システムに関する調査研究報告書
- 要旨 -

平成16年3月

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

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