

ミレニアム・プロジェクト「循環型社会」事業実施報告書

【府省名：環境省】

事 項	説 明
実施施策名	6 リサイクル向け排出物に係る要対策事項調査
実施目標	リサイクルに向けられる排出物に関し、再生又は使用の過程においてどのような環境負荷が生じ、それに対してどのような対策が必要かを調査し取りまとめる。
事業の成果と実施状況	（事業の成果） リサイクルに関して、その環境負荷の態様・程度及び対策、安全性、進展のための経済的要因について情報を収集することにより、例えばリサイクル品の需給動向や E S M など政策の参考となる基礎的情報を得た。 （事業の実施内容） 初年度（12年度）には、テレビや冷蔵庫、電池などのリサイクルによる環境負荷の態様・程度、必要な対策のあり方についてヒアリング・文献調査を主とした調査を行い、必要な対策を講ずるに際しての課題整理等をした。さらに、翌年度（13年度）にはリサイクルについて古紙や金属などの素材レベルでのコスト分析、リサイクル処理に関する安全性について文献調査・分析を行い、基礎的情報を得た。
事業の企画立案・実施者としての事業の総括	（実施目標の達成状況）文献による調査資料の入手等については概ね達成したものと考えられるが、問題提起に終わっている感もあり、政策提言などに活用されるためには、更なる解析・検討が必要と考えられる。 （成果の政策への活用）リサイクル物の市場経済での流通は喫緊の課題であり、得られた情報については、今後策定する循環型社会基本計画の策定のための参考とする。 （今後の事業の展開） - （その他） -
関係機関や民間との連携の状況	請負先：（株）富士総合研究所 本事業は、テレビ（ブラウン管）、電池、P C B 廃棄物、I T 関連機器（携帯電話）、ごみ固形化燃料といった今後対策を要する製品に関わりのある企業や、本事業のテーマに優れた知見を有する研究者から情報提供を受けつつ実施している。
当該テーマにかかる外的な研究環境（国際動向、研究動向等）など参考事項	特になし
平成13年度所要経費	8 百万円

【年次計画表】

事業名 (番号) 6 リサイクル向け排出物に係る要対策事項調査

	12年度	13年度
当該年度の目標	調査対象品目の選定、対象品目ごとの調査の実施	調査結果及び対策のあり方の取りまとめ
当該年度の具体的課題	調査品目の選定 想定される環境負荷の態様・程度の整理 必要な対策の在り方の検討	主要製品の要対策事項の検討 業種別要対策事項の検討 リサイクル品の品質に関する要対策事項の検討
実施体制 (委託先等)	(株)富士総合研究所	(株)富士総合研究所
予算	13百万円	8百万円
進捗状況 (実施に当たって生じた問題点等を含む)	リサイクルによる環境負荷、発生量等を基準にして調査品目の選定を行った。 調査品目ごとに、想定される環境負荷の態様及びその程度を整理した。環境負荷としては、各品目ごとに影響物質を特定し、その影響物質が、どのような経路で人間や生態系へ影響を及ぼすのかを整理、また影響の度合いを定量的に評価するためのデータ収集を行った。 調査品目、影響物質毎の要対策事項に対して、環境負荷の低減や課題の解決のための対策について検討を行い、必要とされる対策や課題の明確化を行った。	昨年度調査の追加、補完調査として製品別の経済・社会的な要因も含めて要対策事項を検討し、製造者、処理業者、排出者毎に改善策を取りまとめる。 業種別の産業廃棄物 / リサイクル物の特性を考慮した要対策事項の検討を行うと共に経済・社会的なリサイクル阻害要因の把握を行い、排出事業者及び処理業者毎の改善策を取りまとめる。 不純物や品質劣化の影響等、リサイクル品の品質に影響を及ぼす事項について検討を行い、要対策事項として取りまとめる。
自己評価	リサイクルを阻害する要因の一つである環境影響についてのデータの収集については相当の成果をあげたが、更なるデータの収集と全体の解析等が必要と考えられる。	経済的・社会的要因に関するデータの収集については相当の成果をあげたが、目標の設定に対する予算・時間的制約もあり、今後の検討・解析に向けた問題提起までに終わっている感もある。予算などの確保が可能となれば、更なる調査・検討を行うことが望まれる。

06 リサイクル向け排出物に係る要対策事項調査

【調査要約】

1. 事業の概要

本調査では、廃棄物だけでなく有価物を含めたりサイクルを効率的に行うための要因のうち、主として経済性と安全性に注目し、その実態を把握し今後の課題としての要対策事項の検討を行った。検討内容は以下のとおりである。

リサイクルの経済性としては、主要なスクラップ素材のリサイクル関わるコスト要因と価格変動状況について分析を行った。古紙や鉄スクラップなどの多くのリサイクル素材の市況は平成 13 年にその底を迎えており、リサイクル業者は回収や破碎等の加工費用の分も回収できないというような状況に追い込まれていた。原因は、短期的には景気低迷に伴う需要の減少、在庫の増加が主と考えられる。このため、円安傾向とアジア、特に中国での素材需要の増加に伴い、輸出主導の市況回復が行われた。

一方、スクラップ動向を中長期的に見ると、発生源である社会での資源使用量が経年的に増加していることを考慮すれば、潜在的なスクラップ供給量は年々増加傾向を考えられ、バージン品の供給量が一定であれば、過去と同様の経済成長がなければスクラップ市況は値下がりにしていくこととなる。

このため、今後もリサイクルを経済的に成立させていくためには輸出も含めて市場を国際的にすること、スクラップ加工でのコスト低減策の実施、スクラップ在庫バージン品の供給制限等の対策を考慮することが求められる。

廃棄物処理、リサイクルを行う事業者では廃棄物処理業者がその中心となる。過去の実績で見ると廃棄物処理業者においては事故、災害の発生率が高く、かつ、その削減が進んでいないことがわかる。発生した事故等としては、爆発や火災などが多く、収集・輸送時の事故も少なくない。廃棄物処理においては、処理業者だけでなく排出者も事故防止に向けて必要な対策を行うことが、廃棄物処理事業の発展のために不可欠である。

廃棄物処理においては、適正処理を行うことにより環境影響への削減することが求められている。これに関しては、OECD において ESM (Environmentally Sound Management) として検討が進められている。基本的には、リサイクル時の健康や環境への影響を的確に管理するという「Component Impacts」という観点と、総合的に環境への影響を少なくするという「Net Benefit」の観点を、いかに両立させていくかという点が課題となっている。また、これらの点を国際的な枠組の中で実現するという視点も盛り込まれている。

(2) 鉄スクラップ

鉄スクラップ市場の関係を図 2にとりまとめた。基本的には、解体工事等で発生した鉄くずはスクラップ事業者が 3,000 円/t 程度で売却され、これをスクラップ事業者が 6,000 円/t 程度のコストを掛けて電炉等に売却可能な鉄スクラップとする。電炉での購入価格は、2001 年には指標である H2 で 7,000 円/t を切る水準まで下落したが、2002 年に入り 10,000 円/t まで回復してきた。この理由としては国内需給によるものと、輸出による在庫削減要因がある。

鉄スクラップの輸出は、国内価格の低下と円安に伴う価格競争力が大きな要因であるが、中国等での需要の強さももう一つの要因である。アジア向けの鉄スクラップの供給者としてはアメリカが中心となっているが、日本からの輸送費 (30 ~ 35 ドル/t) を加えても 8,000 円/t を割る国内のスクラップ価格では、船積みにより利便な地域では輸出の方が採算が合う状況であった。

短期的な鉄スクラップ市場の動向をヒアリング調査等から抽出すると以下ようになる。

- ・鉄スクラップ市場は上期に下落 (特級 : 10,500 → 7,500) し、下期に上昇 (特級 : 7,500 → 10,000)
- ・消費量の減少 (前年比 10% 程度)
- ・地域価格差の減少 (海上輸送の増加による価格の均一化)
- ・輸出の増加
- ・海外市場との価格差 (国際比価) による市場動向が主流となり、従来の市況の目安となっていた鉄筋丸棒価格との連動性が薄れていった
- ・2002 年に掛けては、円安による市況の下支えがあり、2001 年に比べると 1 割程度の高値が想定される
- ・2002 年に入り、シュレッダー業者の法的整理が顕在化。理由としては、第一にシュレッダーダスト処理費の高騰が上げられる (他のスクラップ業者でなくシュレッダー業者の経営が苦しい) → 自動車リサイクル法への期待 (徴収費用は ASR 処理費という構造)

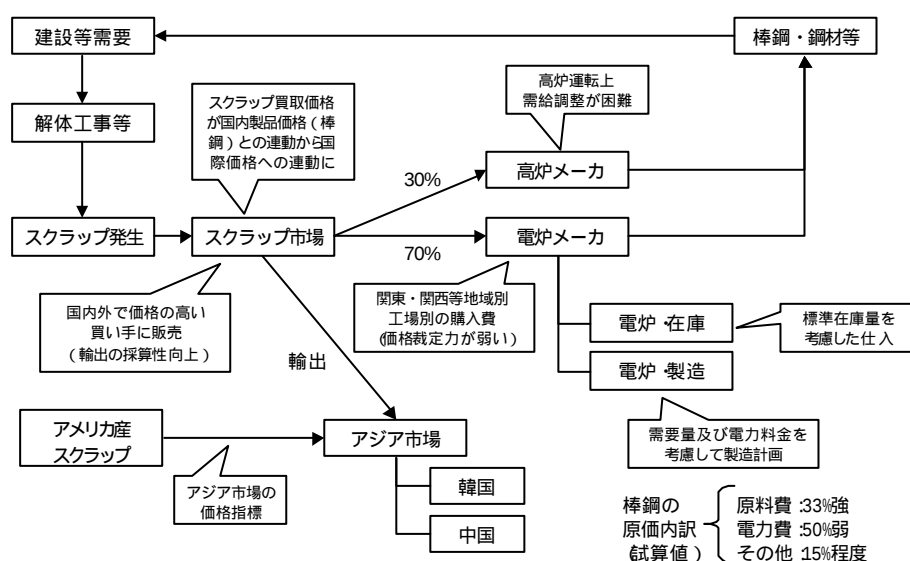


図 2 鉄スクラップ市場のコスト要因

(3) 銅スクラップ

図 3に示すように、各種銅スクラップの価格動向は、2001 年の年初から年末に掛けて下落し、最低水準の価格帯となっていたが、国際相場の指標となる LME の価格上昇及びそれに連動した国内地金価格の上昇に伴ない、銅スクラップも価格が上昇してきた。銅スクラップは、重量当たりの価格が鉄スクラップよりも高いため、輸送費のウェイトが低く、市場も地域差の少ない国際価格として形成されている。

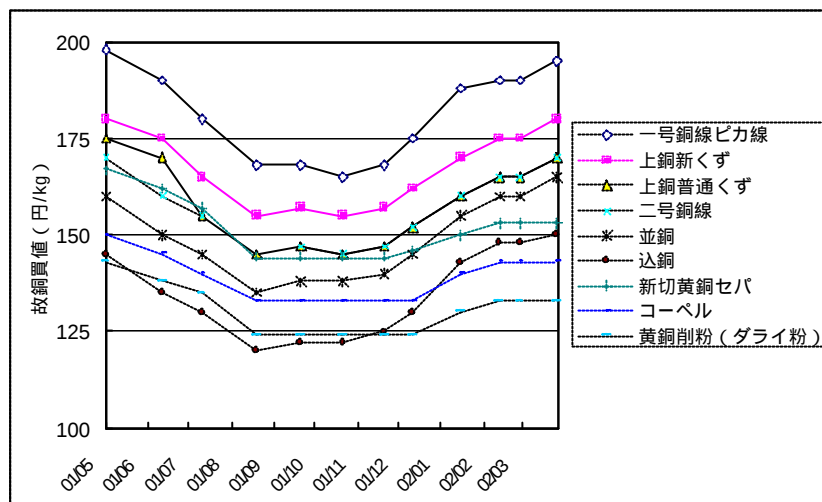


図 3 各種銅スクラップの価格動向（出典：日刊市況通信）

(4) アルミニウムスクラップ

アルミニウムスクラップも基本的な動向は、銅スクラップと同様で、その価格は国際指標に連動する形となっている。ただし、アルミスクラップの場合には、銅に比べて日本国内での需要が多く、二次地金製造時の原料としてスクラップが使用される割合が高い（70～80％）ため、価格に下方硬直性が見られる点が特徴的である（図 4）。

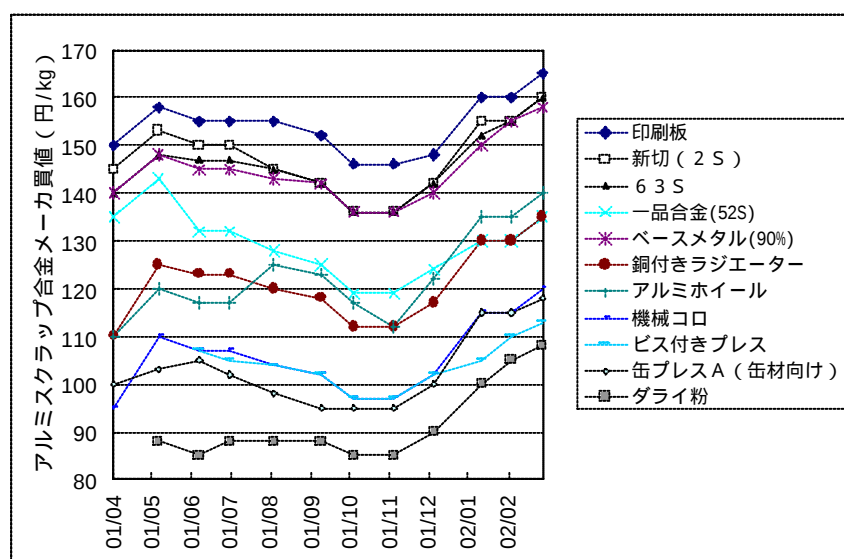


図 4 各種アルミスクラップの価格動向（出典：日刊市況通信）

(5) 廃プラスチック樹脂

プラスチックの市況は、基本的にバージン品の国際市場（特に東アジア）と連動しており、2000 年下期から 2001 年末に掛けての下降傾向から 2002 年に入り反騰を見せている。この傾向は金属素材の値動きと似ている。

廃プラスチックのリサイクル工程を考えると、選別済みの樹脂（工場からの廃プラスチックを想定）の場合でも、「輸送」「粉碎」「リペット」という処理が必要となる。それぞれのコストを概算で見ると、図 5に示すように、

- ・輸送 10～20 円/kg
- ・粉碎 15～30 円/kg
- ・リペット 25～50 円/kg

程度である。廃プラの買い取り価格を 5 円/kg 程度としても、リサイクルに掛かるコストを積算するとリサイクル原料（ペレット）の製造に 70 円/kg 程度かかっていることとなる。

このため、買取価格は 90 円/kg 程度はでないと採算が取れないと考えられる。2001 年の価格下落時には買取価格が 80 円/kg まで下がっており、輸出に回す傾向が強まったと見られる。また、2002 年に入ってから反騰で現在は 90 円/kg 程度には戻している。

廃プラスチック（再生樹脂）需要を高める要因として「グリーン購入」制度やエコマーク商品需要があり、これもある程度再生樹脂価格の上昇要因になっているが、需要量自体は市場全体に影響するまでには至っていない。エコマーク商品用の需要としては、品質及び色の制約が厳しく、市場での再生樹脂調達に間に合わない傾向にある。特に「白」など色の制約が厳しくなっている。

なお、上記の価格は樹脂の種類により異なってくる。

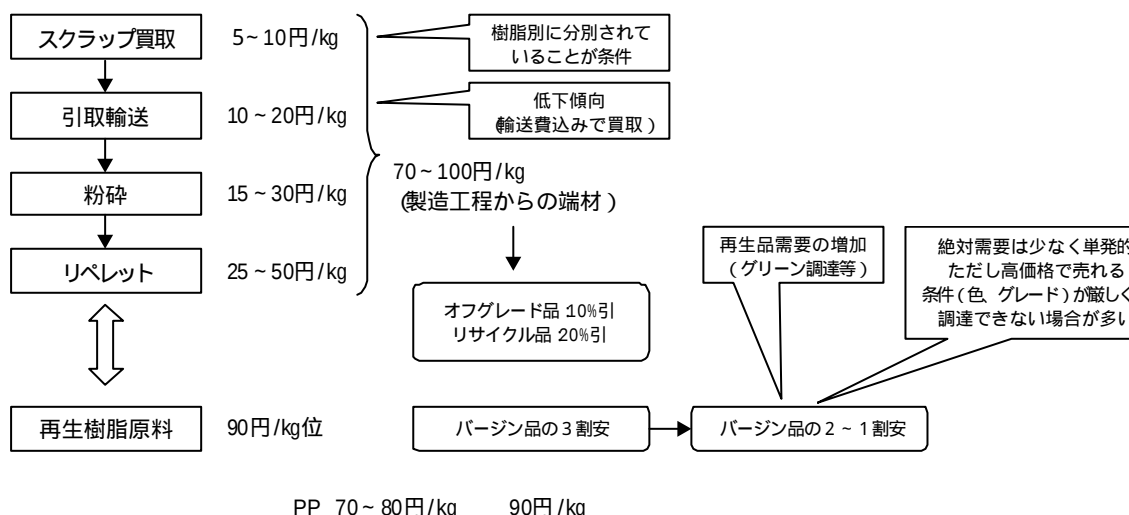


図 5 廃プラスチックリサイクルの価格要因

2.1.2 製品等ライフサイクルコスト分析

(1) 容器包装

容器包装のリサイクルコストとしては、指定法人ルートでの再商品化委託価格が指標となる。基本的には PET ボトルやプラスチック製容器包装、紙製容器包装の委託価格が高いが、容器千個あたりにすると PET ボトルでも 2 円程度（1 個で 0.002 円）である。販売価格から見るとこの価格が安いいため、PET ボトルの需要は増加傾向のままである。

なお、PET ボトルの再商品化委託価格は低下傾向にあり、リサイクル対象物が増加しても、それ以上の再商品化事業者の競争が厳しくなっていることが伺える。

(2) 自動車リサイクル

自動車のリサイクルに関するコスト要因を図 6 に示す。現在、廃車の引き取りは逆有償（10,000 円程度 / 台）であり、解体業者による部品取り・プレス、シュレッダー業者によるシュレッダー化とシュレッダーダストの処分（管理型）という工程を経てリサイクルされる。

各段階での廃車ガラの引き取り価格は逆有償で、最終的に埋立等の処分費が掛かっている。特に、シュレッダーダストの処分費の高騰の影響は大きく、鉄スクラップ業者の中でもシュレッダー業者の経営が一番苦しくなっている。このため、2001 年には複数のシュレッダー業者の法的処理が発生している（日刊市況通信）。

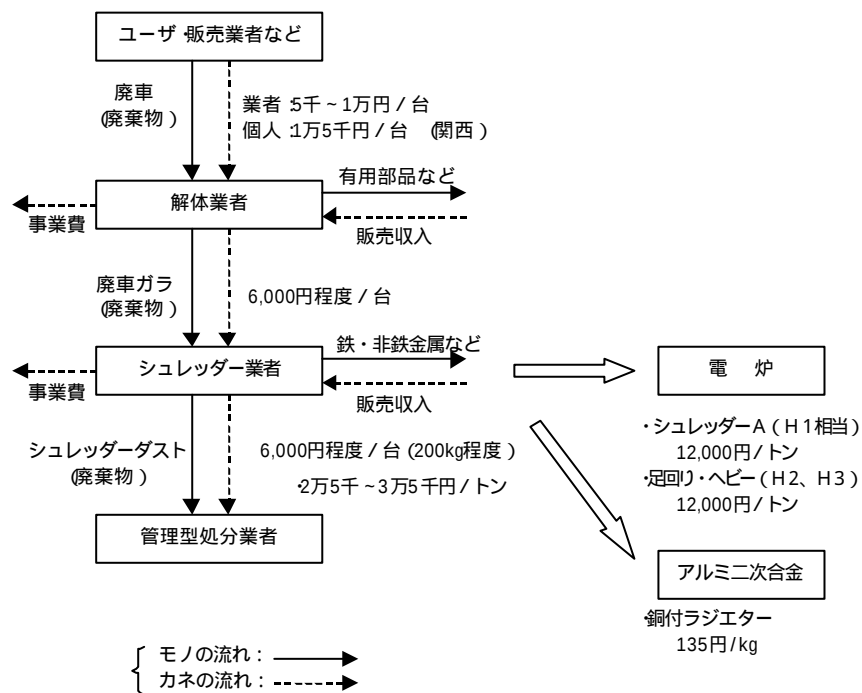


図 6 最近の自動車リサイクルのコスト要因

(外川健一「自動車とリサイクル」、日刊市況通信を元に富士総合研究所作成)

2.1.3 鉄スクラップのモデル分析

わが国における鉄スクラップの長期的な需給動向を、鉄スクラップの社会的蓄積、アメリカからの輸入、アジア地域への輸出などを考慮してモデル化し、循環型社会の構築へ向けての議論の基礎資料とする。また、この中でアメリカ市場と日本市場の傾向の違いを検討することにより日本におけるスクラップ市場の特徴を整理した。

日本における鉄スクラップ価格の実質価格は長期的に低下している（図 7）。この原因としては市中の鉄蓄積量が増加することに伴い、鉄スクラップ供給量も増加していることが挙げられる。まず、この状況を日米の比較として見てみると、図 8 のようにスクラップ消費量とスクラップ価格の関係でみるのが適切である。日本の価格は左上から右下に移動する傾向を示し、アメリカの価格は右上から左下に移動する傾向を示す。これを分析すると、日本では単純に供給量（及び消費量）の増加と連動して需給バランスから価格が低下することを示しており、アメリカの場合には消費量の増加とともに価格も高くなることを示している。つまり、日本では買い手が価格決定力を持ち、アメリカでは売り手が価格決定力を持っていると考えられる。この原因としては、アメリカではスクラップ業者が在庫を抱えることが出来、高いときに売り、安いときは売らないという行動を取っていることが伺える。一方日本では、在庫保有コストが高いため、発生したスクラップは需要によらず販売する必要があるため、スクラップ発生量の増加による供給過多が価格低下につながっているという構造が見える。

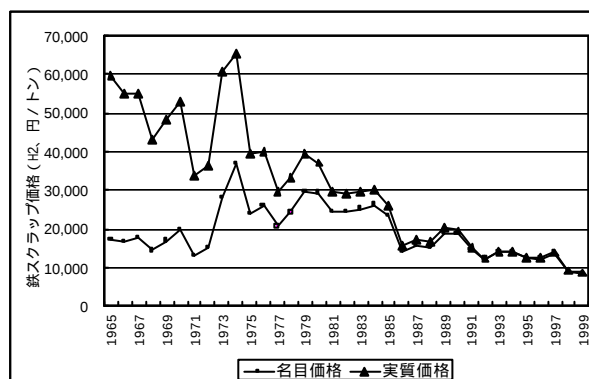


図 7 日本における鉄スクラップの価格変動データ

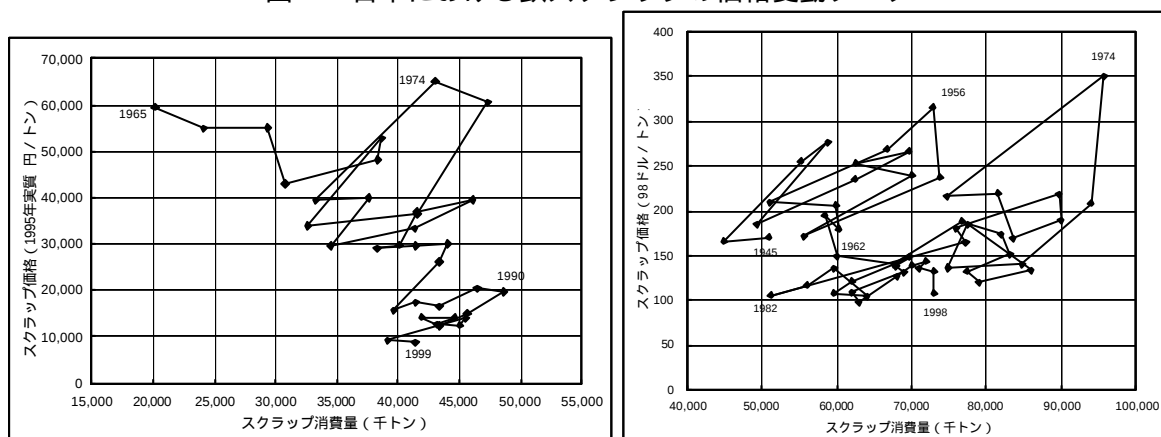


図 8 日本（左）及びアメリカ（右）における鉄スクラップ消費量と価格の変動（実質価格）

(1) 分析モデル

鉄スクラップ需給に関する統計データより、アメリカ及び日本市場の需要関数、供給関数を推定し、それらに基づいて輸出入量等の推定モデルを構築した。

アメリカ市場

アメリカ市場は、国内の鉄蓄積量が多く、スクラップ発生量も多いため基本的にスクラップ輸入が少ないため、モデル化が容易であると考えられる。また、日本との関係を考えると最大のスクラップ輸出国であるために、まずアメリカ市場のモデル化から行うこととする。なお、スクラップ市場の傾向が現在と同様の状況になったと考えられる 1982 年から 1998 年のデータにより回帰分析を実施した。以下に分析結果から得られたアメリカ市場のモデル式を示す。

$$Q_{Market}^{US} = 134 p_{index}^{US} + 8.54 \times 10^{-3} \cdot S^{US} \quad (1)$$

$$Q_{Inplant}^{US} = 0.326 P_{steel}^{US} \quad (2)$$

$$Q_{Net-export}^{US} = 0.831 Q_{Market}^{US} - 0.344 S^{US} \quad (3)$$

$$C^{US} = 0.758 P_{steel}^{US} \quad (4)$$

$$C^{US} = Q_{Market}^{US} + Q_{Inplant}^{US} - Q_{Net-export}^{US} \quad (5)$$

$$Q_{export}^{US} = 23.1 \Delta p_{scrap}^{J-US} + 165 GDP_{GrRate}^J - 117 \quad (6)$$

日本市場

日本市場も、アメリカ市場と同様に、スクラップ需給バランスを成立させる条件で各種の回帰分析モデルの導出を試みたが、市場の特性からかアメリカ市場ほどは、分析結果の信頼性は高くならなかった。

$$Q_{old}^J = 2.22 \times 10^{-2} S_{stock}^J + 0.116 P_{steel}^J - 764 \quad (7)$$

$$Q_{Inplant}^J = 7.36 \times 10^{-2} P_{steel}^J + 6.95 \times 10^3 \quad (8)$$

$$Q_{Inplant}^J = 0.122 P_{steel}^J + 0.138 p_{scrap}^J - 2.01 \times 10^3 \quad (9)$$

$$C^J = 0.342 P_{steel}^J + 6.73 \times 10^3 \quad (10)$$

$$Q_{import}^J = 23.3 \Delta p_{scrap}^{J-US} + 157 GDP_{GrRate}^J + 867 \quad (11)$$

$$Q_{export}^J = -51.8 \Delta p_{scrap}^{J-US} - 183 GDP_{GrRate}^J + 2.17 \times 10^3 \quad (12)$$

$$C^J = Q_{old}^J + Q_{Inplant}^J + Q_{import}^J - Q_{export}^J \quad (13)$$

$$p_{scrap}^J = 0.594 P_{steel}^J - 544 \Delta p_{scrap}^{J-US} - 2.45 \times 10^3 GDP_{GrRate}^J - 0.161 S_{stock}^J + 7.83 \times 10^4 \quad (14)$$

上記の式で、 Q はスクラップ量、 p はスクラップ価格、 P は粗鋼生産量、 S は鉄蓄積量を示す。

2.2 廃棄物処理の安全性に関する検討

2.2.1 廃棄物処理における事故事例の検討

「労働災害動向調査」によると廃棄物処理業は全産業と比べて、その度数率¹が7倍になっている。また、1993年ごろまでは鉱業などの他の度数率の高い業種と同じよう減少傾向を示していたのに対し、その後は、廃棄物処理業は度数率が高いままで横ばい傾向になっている。

表1は、一般廃棄物処理時を中心とした事故内容を廃棄物処理施設別に見たものである。件数では焼却施設と粗大ごみ施設が多く、爆発は粗大ごみ施設が特に多いことがわかる。粗大ごみ施設は事故発生率も最大であり、一般廃棄物処理施設としても最も危険な施設であると考えられる。これはスプレー缶などの排出方法に問題がある場合などが想定され、業者だけでなく、排出者の協力が得られないと十分に事故防止を行うことが困難であるという廃棄物処理業の特性を示している。

このような状況は、廃棄物処理が職業として危険性が高いことを示しており、静脈産業という形で産業の発展を目指すうえでは解決すべき課題であろう。このために、社)全国産業廃棄物連合会では、「産業廃棄物受託の手引—適正処理推進のために—」を作成し、排出者も含めて事故防止のための適切な取扱いが進められるよう努めている。

表1 廃棄物処理施設の種別別事故発生状況（平成4～8年度）

	し尿処理	資源ごみ	粗大ごみ	ごみ焼却	最終処分場	産業廃棄物	合計
爆発	4	2	65	12	1	3	87
火災		3	24	13	13	14	67
労働災害	火傷			15		2	17
	転落	1	11	31	1		44
	引込まれ	1		2			3
	落下物	3	1	4			8
	飛来		5	4	2		11
	薬品火傷	5	1	4	1	1	12
	巻込まれ	3	2	11	2		24
	酸欠・ガス中毒	3	4	3		2	12
	轢かれ		2	2		1	5
	狭まれ	1	2	8	6	2	21
	踏み外し			6			6
	車両横転				1		1
	打撲	1	2	8	1		13
	その他	2	1	2	2	3	10
	合計	20	13	27	16	11	187
その他	5	1	9	24	2	3	44
合計	29	19	125	149	32	31	385
事故発生率(%)	0.9	1.8	9.5	3.5	1.0		

（出典：「一般廃棄物の処理工程での事故事例とその解析」若倉ら、災害の研究）

¹ 「度数率」：100万延実労働時間当たりの労働災害による死傷者数で、災害発生の頻度を表す。

算出方法 （労働災害による死傷者数）／（延実労働時間数）×1,000,000

2.2.2 廃棄物処理による環境安全施策

現在 OECD では、廃棄物処理を通じた環境安全への取組として、OECD で検討が行われている ESM (Environmentally Sound Management) の検討を行っている。ESM では ISO14000 シリーズのような環境管理システムを利用して、廃棄物、中古品、廃材を中心とした項目のパフォーマンスの管理を行っていかうというものである。また、ESM の対象は、有害廃棄物やその他廃棄物を対象物質とし、その回収(recovery)活動をターゲットとしている。

ESM の検討の中心は、何をもって環境に良いと評価するのかという基準に関するものであり、現在その基準として考慮すべき要因を以下の 2 点として強調している。一つは、「Component Impacts」で回収工程におけるあらゆる健康および環境規制や要求事項に適合させるという点であり、2 点目は「Net Benefit」として、総合的に環境への影響を少なくすべきであるという点である。

以上の点をまとめると、OECD 域内 ESM の検討項目は図 9 のように整理される。

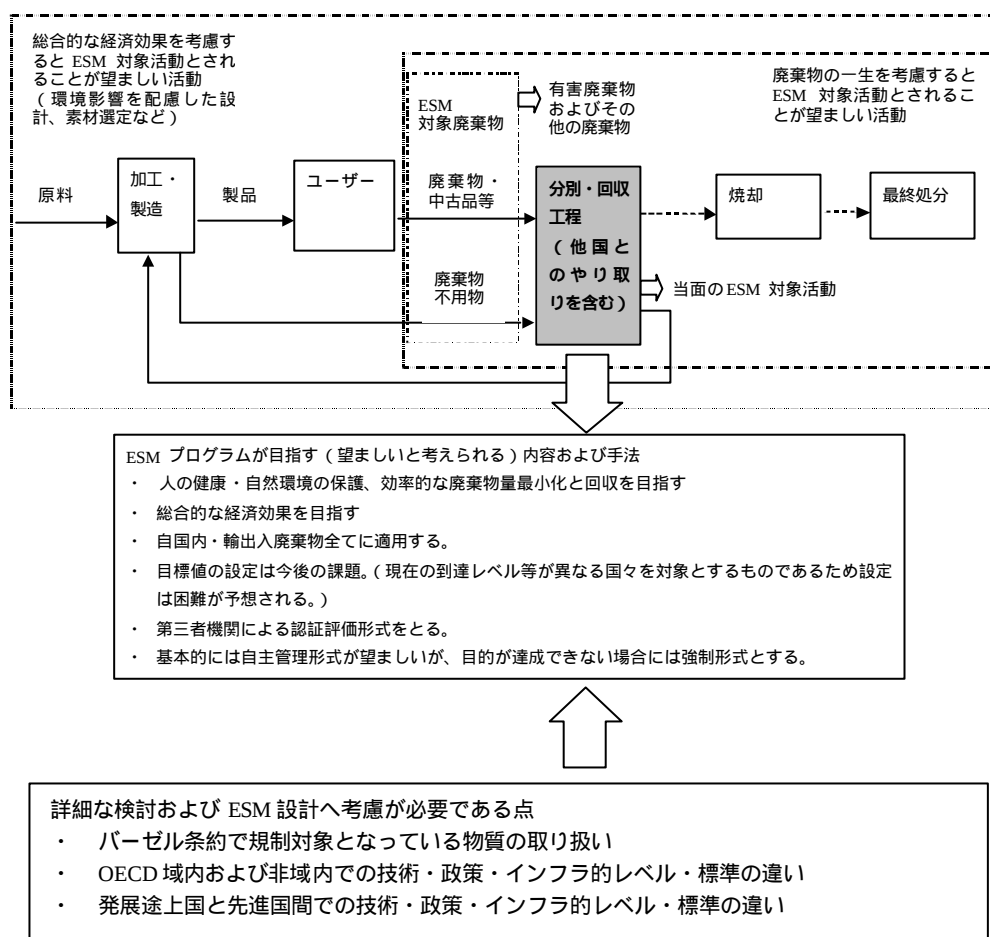


図 9 OECD 域内 ESM の検討事項

2.3 業種別・製品別要対策事項の検討

業種別の廃棄物対策としては、経済産業省の産業構造審議会が「業種別廃棄物処理・リサイクルガイドライン」として整理したものが代表的であり、企業の取り組みの中心的課題となっている。

2.4 今後のリサイクル対策のあり方

処理プロセスにおける要対策事項のあり方についてとりまとめを行なうとともに、リサイクル全体を考慮した対策のあり方についても方向性を整理した。

(1) 処理・リサイクル工程の改善

廃棄物処理業が3K業種ではなく、中核的な産業になっていくためには、以下のような対策を講じて災害や事故が他の産業並に少なくすることが必要である。

- 廃棄物の組成や生成過程などに関する情報を排出者から処理事業者に的確に伝えるための対策
- 処理事業者の施設等の充実に加えて、労働者のスキルアップのための研修プログラムの検討
- 上記を担保するための、費用負担のあり方

(2) 製品設計時の配慮事項

製品レベルでの部分的な最適化としての環境配慮設計にとどまらず、社会的なレベルで環境に配慮した最適化設計が行われることが必要である。

- 個別製品だけでなく、製品群、社会システムまでを考慮した環境配慮設計
- ライフサイクルにわたる環境負荷の最小化
- リサイクル素材の利用促進のための製品や品質規格のあり方
- 社会レベルでの資源循環を促進するための環境評価手法

(3) 収集・輸送・保管の効率化

日本においては国内の収集・輸送費用が高く、リサイクルの経済性をかなり圧迫している状況であるため、一層の効率化が求められている。

- 収集・輸送・保管時のコストを低減するための施策の検討
- 保管に関しては、リサイクル対象物も資源であると考えれば、石油等の備蓄などと同様の体制についても検討の余地が
- ただし、上記の対象物が廃棄物である場合には、廃棄物法を遵守し適切な処理を行うことを担保できるようにする。

(4) リサイクル品の用途

リサイクル品の価格を適切に形成するためには、需要を旺盛にすることが効果的である。

- グリーン購入、グリーン調達などによるリサイクル需要の喚起策
- リサイクル品の品質規格
- エコラベル等による差別化
- リサイクル品の価格維持のための需給調整機能を、リサイクル品の供給者側がもてるようにする方策（例：アメリカの鉄スクラップ業者）

(5) 循環型社会のための産業構造

資源循環の観点から有用なリサイクル物は、経済の国際化に伴い、国内だけの市場で利用方法を考えることが困難になってきた。このため、リサイクル事業者だけでなく、その利用者（メーカ）の国際展開の中で循環型社会のあり方を探っていく必要がある。

OECDで検討されているESMは、多国間でのリサイクルによる環境負荷をいかに削減し、また適切な利用を担保するかという観点から検討が行われている。このような枠組を利用して、日本国内だけでなくアジアや世界を対象とした循環型社会にふさわしい産業構造のあり方を検討していくことは重要である。