HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	家庭から排出される粗大廃棄製品の排出特性とフローに関する調査
Author(s)	関戸, 知雄; 田中, 信壽; 松藤, 敏彦 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム（平成12年11月16日（木）-17日（金） 北海道大学学術交流会館） . 1 廃棄物 . P1-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 40-45
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7205
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-1-8_p40-45.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

1－8　家庭から排出される粗大廃棄製品の排出特性とフローに関する調査

北海道大学大学院工学研究科　正会員　関戸知雄　正会員　田中信壽
正会員　松藤敏彦　正会員　松尾孝之

1. はじめに

札幌市では、平成9年10月より粗大ごみ収集の申込制、平成10年1月より有料収集を開始した。本研究室では、導入開始前の粗大ごみとして排出された製品（粗大廃棄製品）の組成、および導入後の収集量変化について報告した[1]。その結果、申込制導入前後に大型ごみの収集量に大きな変化があり(図1)、有料制が開始された平成10年1月からは、大きく収集量が減少した。このとき、粗大ごみ収集量の減少は、可燃ごみや不燃ごみ等、他のごみの収集量の増加に寄与していないことも報告した[2]。本報告では、その減少理由の検討と、粗大ごみの物理的組成の変化について検討した。また、粗大廃棄製品の組成データを用いて、札幌市における現在の粗大ごみ処理フロー、特定家庭用機器再商品化法（以後、家電リサイクル法）の導入により大型家電製品が民間処理業者によって処理されたときのフロー、および、資源化しやすい製品設計がされることにより、製品の再生利用が進むと仮定したときの粗大廃棄製品の処理フローを推定した。

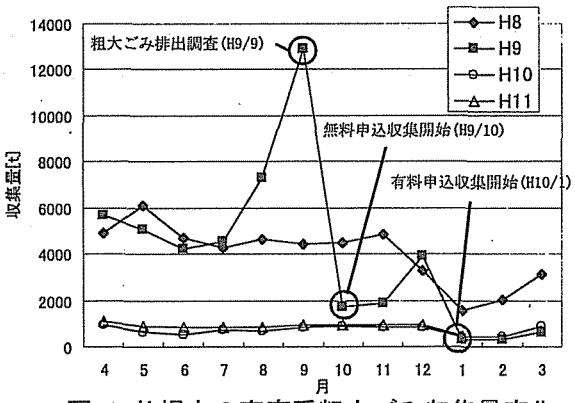


図-1 札幌市の家庭系粗大ごみ収集量変化

表-1　粗大廃棄製品分類

分類	具体的な製品
家電製品	冷蔵庫、テレビ、洗濯機など、家庭用電気製品
大型家庭器具	ガスレンジ、ストーブ、給湯器など
敷物・寝具	布団、ベット、カーペットなど
家具・いす	木製・金属製家具、戸棚、ワゴンなど
建具	ふすま、障子、ドア、ブラインドなど
趣味	楽器、スポーツ用品、自転車、など
雑貨	物干し竿、ショッピングカートなど
その他	庭木・木材、トタン板など、および札幌市の製品分類にはない製品

2. 札幌市の有料申込制導入前後の粗大廃棄製品組成変化

著者らは、過去に粗大廃棄製品を13の項目に分類し、その分類ごとの平均製品重量を推定し、有料申込制導入前後の重量変化を調べた[1,2]。しかし、この方法では、具体的にどの製品の排出量変化が粗大ごみ収集量の変化に寄与したのかが不明であった。今回は、札幌市が有料申込制導入に伴って排出個数の集計を行っている、93の廃棄製品ごとに平均重量を推定する方法により同様の検討を行い、製品毎に申込制導入に伴う排出量の変化を検討した結果を報告する。

本研究室では、昭和63年3月～平成元年5月[3]と平成９年9月[1]の、2回の廃棄製品の排出調査を行っている。このときの結果と、有料制導入後の粗大廃棄製品排出割合を比較した。

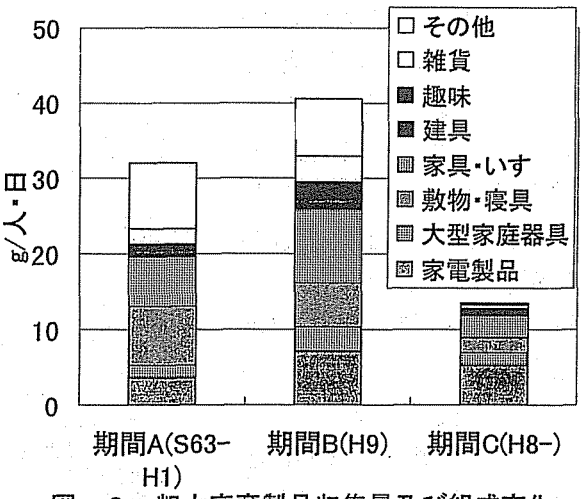
昭和63年～平成元年の調査[3]では、一戸建てやアパート集合住宅から排出された分別ごみ（可燃ごみ以外のごみで、粗大ごみ、不燃ごみを含む）の組成を調査した。調査地域内の人口から、昭和63年4月～平成元年年3月（期間A）一人あたりの粗大ごみ排出量を推定したところ、32.0g/(人･日)(=18,788t/年)となったが、これは、その年の札幌市の収集データから計算される58.7g/(人･日)の約半分(54.5%)であった。このことは、事業所から排出される廃棄製品が家庭系粗大ごみに混入したことが理由として考えられる。また、平成９年1～12月（期間B）の札幌市粗大ごみ収集量から計算される一人あたり排出量は、74.5g/(人･日)(=48,490t/年)であった

が、これも昭和63年の調査から推定される事業系ごみの混入(54.5%)があるとすると、家庭系の粗大ごみ量は、40.6g/(人・日)(=26,427t/年)となる。

札幌市では、有料申込制導入後に粗大廃棄製品を93品目に分けて、排出個数の集計を行っている。このデータと平成10年1月から平成11年1月（期間C）のデータ（排出個数集計値）と、それぞれの廃棄製品の平均重量から品目別排出重量を計算した。平均重量は、過去に行った2回の粗大廃棄製品のそれぞれの重量測定の結果、およびこれらの調査時には排出がみられなかった製品については、製品カタログ等による製品重量から推定した。この様にして計算した年間排出重量の合計(5,565t/年)は、札幌市で粗大ごみ収集車のトラックスケールにより集計した合計重量(8,888t/年)の約63%と小さかった。そこで、各廃棄製品排出重量を比例的に補正し、合計重量をトラックスケールの集計値と合わせた。

有料申込制導入後の札幌市が集計を行っている廃棄製品の項目に合わせて昭和63年および平成9年の調査結果を集計し、さらに表1に示す8種類の分類にそれぞれの廃棄製品を分けた。

図2に各期間の一人あたり粗大廃棄製品排出量[g/(人・日)]と平均組成を示す。無料定期収集期間であった期間Aおよび期間Bを比べると、分類毎の排出割合には大きな変化は見られないことがわかる。一方、有料申込制が導入された期間Cの排出量および排出割合は大きく異なっている。全排出量は期間Aに比べて約1/4に減少した。排出量が大きく減少した分類は、その他(期間Cの排出量/期間Bの排出量＝0.04、以下同じ)、および建具(0.05)で、減少が小さかったのは家電製品(0.74)、大型家庭器具(0.53)であった。



図－２　粗大廃棄製品収集量及び組成変化

表－２　粗大廃棄製品排出量変化

	期間B(H9)		期間C(H10-)		
	排出量[g/人・日]	寄与率[%]	排出量[g/人・日]	寄与率[%]	排出重量変化比(C/B)[-]
排出重量変化比の大きい順(排出量が増加した、あるいは減少が小さい)					
洗濯機	0.16	0.4	0.52	3.9	3.32
パソコン	0.17	0.4	0.32	2.4	1.88
テレビ	1.10	2.7	1.23	9.1	1.12
カラーボックス	0.16	0.4	0.16	1.2	1.00
ベッドマットレス	0.45	1.1	0.44	3.2	0.98
映像・音響機器	0.27	0.7	0.24	1.7	0.86
冷蔵庫・冷凍庫	1.63	4.0	1.31	9.7	0.81
ガスコンロ	0.61	1.5	0.49	3.6	0.81
電子レンジ	0.64	1.6	0.49	3.6	0.77
掃除機	0.34	0.8	0.17	1.3	0.49
自転車	1.40	3.5	0.64	4.7	0.45
ストーブ	2.38	5.9	1.07	7.9	0.45
排出重量変化比の小さい順(排出量が大きく減少した)					
その他	5.9	14.42	0.1	0.7	0.02
建具	0.7	1.71	0.0	0.2	0.03
車両装備品	0.5	1.17	0.0	0.2	0.05
ベニヤ板一枚	0.5	1.14	0.0	0.2	0.06
灯油タンク	0.4	1.09	0.0	0.2	0.06
作業用具類	0.5	1.30	0.0	0.3	0.09
戸棚	2.0	4.92	0.2	1.3	0.09
庭木、材木類	1.9	4.67	0.2	1.5	0.11
スキー用具	1.0	2.39	0.1	0.8	0.12
スピーカー	1.0	2.47	0.1	0.9	0.12
畳一枚	0.8	2.05	0.1	1.1	0.18
机	0.9	2.27	0.2	1.4	0.20

次に、廃棄製品ごとに排出量の変化を比較した。表2に期間Bと期間Cの一日一人あたり排出重量変化比(=期間Cの排出重量/期間Bの排出重量)の大きい方から12製品および小さい方から12製品を、寄与率（=その廃棄製品排出重量が排出重量全体に占める割合）と共に示した。排出重量変化比が0の製品、および、期間Bと期間Cでの寄与率が両方とも1%未満の製品は除いた。変化比の大きかった(排出重量が小さくなった)製品は「その他」や建具、ベニヤ板などであった。「その他」は、期間Bの調査では、比較的小型の製品（掛け時計、なべ・やかん）や衣類など、粗大ごみ（大型ごみ）として排出しなくてもよい製品が多く含まれていた。期間Cで

は、これらの製品が家庭内で排出されずにとどまっていると思われる。また、ベニヤ板や庭木・材木類は、可燃ごみとして排出された可能性もあるが、前述したように、可燃ごみの収集量に変化はないため、今後の推移をみる必要がある。

また、変化比の小さかった(排出重量に変化が無い)製品は家電製品が多く、テレビや映像・音響機器などは有料申込制の導入によっても家庭からの排出量は変化が無かったことがわかる。

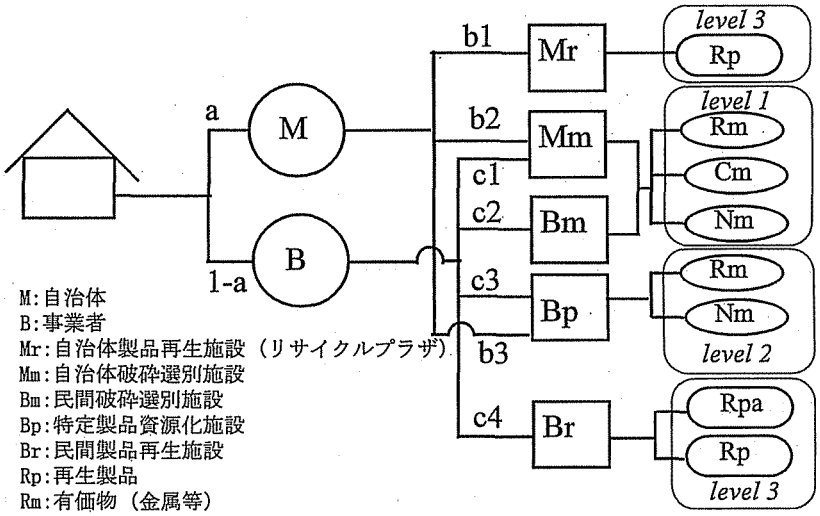


図-3　粗大廃棄製品処理フロー

以上より、有料申込制の導入により粗大廃棄製品の排出量は減少したが、その減少は製品ごとに異なっていることがわかった。

3. 廃棄製品の適正な製品再資源化のための方策

3.1　処理シナリオの設定

家電リサイクル法の施行により、家庭から排出される大型家電製品は、自治体により収集・処理する必要のないシステムを作ることが可能になった。この法律がどのように自治体の粗大ごみ処理に影響を与えるかは、推移を見る必要があるが、家電製品以外の製品についても、同様に再資源化を促していくことで廃棄量を減らすシステムを作る必要があるだろう。また、今後は、埋立空間も含め、資源を有効利用する社会を作るために、一度は何らかの中間処理をした後に、資源は回収し、残渣は埋立処分を行うスタイルを定着させるべきだろう。

これらの状況を考慮し、粗大廃棄製品の再資源化シナリオを設定し、それぞれの物質フローを推定した。図3に粗大廃棄製品の処理フローを示す。

家庭から発生した不用になった粗大廃棄製品は、自治体(M)、あるいは事業者(B)によって収集（回収）される。ある製品iが都市から年間D_i[個/年]排出され、自治体で収集される割合をa_iとすると、自治体で収集される製品の個数は$\Sigma(a \cdot D)$[個/年]となり、例えば、現在札幌市で集計を行っている家庭系粗大ごみ（大型ごみ）の排出個数集計値がこれにあたる。

選別資源化ステージでは、5つの種類の選別施設を想定し、以下の3つの資源化のレベルに分けた。

1) 資源化level1：不特定製品資源化

現在いくつかの自治体で行われている、破砕選別施設(粗大ごみ処理施設)(Mm)および民間処理業者(Bm)によるシュレッダー処理を想定している。粗大ごみとして収集した不特定の廃棄製品を一括して破砕し、機械的に選別を行い、鉄・アルミなどの金属(Rm)、可燃残渣(Cm)、不燃残渣(Nm)に分ける。

2) 資源化level2：特定製品資源化（物質回収重視）

資源化level2は、家電リサイクル施設のように、特定の製品のみを資源化する施設（特定製品資源化施設(Bp)）での処理を想定している。家電リサイクル施設では、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコンを破砕選別処理することで、金属や樹脂などの資源化物(Rm)と埋立残渣(Nm)に

選別を行う予定である[4]。特定の製品を想定した資源化システムを組むことができるため、通常の破砕選別による資源化(level1)よりも、回収できる資源の種類や質の向上が期待できる。

自治体によるこのような施設は存在しないとし、民間の施設のみを想定した。

表-3　粗大廃棄製品の推定自治体収集率

	保有台数 Mi[個/1000世帯]	製品寿命 Li[年]	期間B ai	期間C ai
洗濯機	1079	10	0.06	0.21
電子レンジ	960	16	0.45	0.35
テレビ	2246	11	0.23	0.25
パソコン	780	7	0.09	0.16
冷蔵庫・冷凍庫	1207	12	0.29	0.24
ストーブ	2325	10	0.52	0.23
カーペット	1079	10	0.78	0.25

3) 資源化level3：修理・アップグレードによる製品再使用

現在、家電製品メーカーは、環境デザインに基づく分解・資源回収しやすい製品の改良に取り組んでいる。今後は、部品をモジュール化することで取り外しを容易にし、使える部品をそのまま再利用する製品が開発されると予想される。資源化level3は、易分解性の製品から部品(Rpa)の回収・交換によるアップグレードを図る、あるいは若干の修理を行うことによって家庭に製品(Rp)として家庭に戻すフローを想定している。このような処理を行う施設を製品再生施設と呼び、図3では、民間の施設をBr、自治体の施設をMrとしている。事業者が主体となって行うシナリオとして、議論が進んでいるインバースマニュファクチャリング型のシステム[5]や、リースによる製品の使用・回収システムが想定される。これは、使い終った製品の部品を交換することで簡単にアップグレードを図る、あるいは故障部分を交換・修理することで再使用を行い、再び製品として家庭に戻すものである。

自治体の場合、製品のアップグレードを行うことは不可能だと思われるが、例えば札幌市でも、若干の程度の良い家具類などを粗大廃棄製品から別回収し、リサイクルプラザで販売を行っている。販売される製品(Rp)は全量が市民によって買い取られているが、廃棄される量に比べてごくわずかである。自治体によって使用可能かどうかを判断したり、適切な修理を行うことは困難であると思われる。収集も、通常の粗大ごみとは別に、破損や破壊が無いように回収する必要があり、手間がかかるため、今後もこのような自治体主導型の製品再利用施設の寄与は小さいと思われる。自治体収集からBr、事業者からMrへの搬入はないとした。

3.2 不用粗大廃棄製品発生量の推定

家庭から排出される粗大廃棄製品は、そのすべてが自治体収集されるとは限らず、図3で示したように、事業者によって引き取られる場合がある。その量を推定するために、以下のような関係式を仮定した。

$$D_i=M_i/L_i=W_i/a_i \qquad (1)$$

ここで、

D_i:　廃棄製品iの世帯あたり年間排出量[個/世帯・年]

M_i:　廃棄製品iの世帯あたり保有台数[個/世帯]

L_i:　廃棄製品iの寿命[年]

W_i:　廃棄製品iの年間自治体収集量[個/世帯・年]

a_i:　廃棄製品iの自治体回収率[-]

これまでに述べた粗大廃棄製品の排出量とは、W_iのことを指していた。例えば、家電製品などは、自治体収集へ排出されずに、買い替えのときに販売店等で引き取られる場合があり、家庭から不用品として排出される量の内、a_iの割合が自治体で収集される。

いくつかの家電製品について、文献[6]からM_i、L_iを調べ、式(1)よりa_iの値を推定した。W_iには、期間Bおよび期間Cの値を用いた。結果を表3に示す。製品によって値が異なるが、期間

Bおよび期間Cでの各製品の推定値の平均値をとると、a=0.23となり、これを廃棄家電製品の値として用いた。この値は、一般的に廃棄家電製品の自治体回収率であるといわれている20%(a=0.2)に近い値である[4]。

大型家庭器具、敷物・寝具については、製品寿命の情報がなかったが、これを10年とし、保有台数の数値のある製品（ストーブ、カーペット）について計算を行ない、それぞれの製品の期間B、期間Cにおける自治体回収率の平均値(0.379, 0.517)を大型家庭器具、敷物・寝具のa_iとした。その他の分類については、事業者による回収はないとして、a=1とした。

今回の推定では、W_iに期間Cの値を用い、以上の値から、各製品について廃棄製品発生量D_iを計算した。

表-4　処理シナリオパラメータ

現状シナリオ

	a	b1	b2	b3	c1	c2	c3	c4
大型家電製品	0.23	0	1	0	0.25	0.75	0	0
その他家電製品	0.23	0	1	0	0.25	0.75	0	0
大型家庭器具	0.38	0	1	0	0.25	0.75	0	0
敷物・寝具	0.52	0	1	0	0.25	0.75	0	0
家具・いす	1	0	1	0	-	-	-	-
建具	1	0	1	0	-	-	-	-
趣味	1	0	1	0	-	-	-	-
雑貨	1	0	1	0	-	-	-	-
その他	1	0	1	0	-	-	-	-

現状トレンドシナリオ

	a	b1	b2	b3	c1	c2	c3	c4
大型家電製品	0	-	-	-	0	0	1	0
その他家電製品	0.23	0	1	0	0.25	0.75	0	0
大型家庭器具	0.38	0	1	0	0.25	0.75	0	0
敷物・寝具	0.52	0	1	0	0.25	0.75	0	0
家具・いす	1	0	1	0	-	-	-	-
建具	1	0	1	0	-	-	-	-
趣味	1	0	1	0	-	-	-	-
雑貨	1	0	1	0	-	-	-	-
その他	1	0	1	0	-	-	-	-

未来型製品再使用重視シナリオ

	a	b1	b2	b3	c1	c2	c3	c4
大型家電製品	0	-	-	-	0	0	0.2	0.8
その他家電製品	0	-	-	-	0	0	0.2	0.8
大型家庭器具	0.38	0	1	0	0	0	0	1
敷物・寝具	0.52	0	1	0	0.25	0.75	0	0
家具・いす	0.2	0	1	0	0	0	0	1
建具	1	0	1	0	-	-	-	-
趣味	0.2	0	1	0	0	0	0	1
雑貨	1	0	1	0	-	-	-	-
その他	1	0	1	0	-	-	-	-

3.3 廃棄製品処理シナリオ

以下の3つのシナリオを設定した。設定した各シナリオのパラメーターを表4に示す。aは、家庭から排出された粗大廃棄製品の内自治体が収集する割合を示す。bは自治体が収集した廃棄粗大製品の内、各処理施設への搬出割合、cは事業者が収集した廃棄粗大製品の内、各処理施設への搬出割合を占めす。

1)　現状シナリオ

現在の札幌市の処理フローを想定したシナリオとした。不用品発生から、自治体の処理収集に流れる割合は、3.2で推定した値を用いた。事業者によって収集された後の家電製品フロー(c1=0.25, c2=0.75)は文献値[4]を参考にし、家電製品以外の製品（大型家庭器具、敷物・寝具）にもこれをあてはめた。また、自治体による製品再生施設(Mr)の寄与は小さいとして、これを無視した(b1=0)。なお、Mr施設を充実させることは、自治体の負担が大きいと考え、他のシナリオにおいてもこれを無視した。

2)　現状トレンドシナリオ

現在の粗大ごみ処理のトレンドから予想されるシナリオとして、家電リサイクル法がその効力を発揮し、自治体は大型家電製品を収集・処理せず、民間の処理業者によって処理されるとした。家電リサイクル法で指定されている家電製品主要 4品目（エアコン、洗濯機、冷蔵庫、テレビ）とパソコンは、すべて特定製品資源化施設(Bp)に運ばれるとした。その他の製品は、現状シナリオと同じ処理がされるとした。

3)　未来型製品再使用重視シナリオ

家電製品のみでなく、他の製品についても製品に適した資源化及び処理がされるためのシナリオを作成した。

すべての家電製品は特定製品資源化施設(Bp)か製品再生施設(Br)に搬入され、処理されるとした。それぞれの施設に搬入される量は以下のように推定した。現在の家電製品主要4品目の買い替え理由のうち、上位機種購入のため、および故障によるものが、平均して86.8%である[4]。従って、製品を廃棄する際に、その製品の機能が向上あるいは修復されれば同じ製品を使い続ける人が8割いるとして、Brへ運ばれる割合を8割(c4=0.8)とした。

大型家庭器具については、家電製品のように有害物質を含んでおらず、しかも、素材の複合

度も比較的小さいと思われるので、資源化しやすい（分解しやすく、素材ごとに分かれやすい）製品が開発されれば、製品再生施設での資源化が望まれる。このため、将来はこれらの製品についても易資源化設計がなされるとし、民間処理業者へ搬入される大型家庭器具はすべてBrへ搬入されるとした。

表-5　シナリオ別粗大廃棄製品処理フロー推定［t/年］

	Di	Mp	Mm	Bm	Bp	Br
シナリオ1	23331	0	12498	10833	0	0
シナリオ2	23331	0	8361	5230	9740	0
シナリオ3	23331	0	3708	912	2987	15724

家具類および趣味用品は、大型家庭器具と同様に有害物質を含んでおらず、素材の複合度も小さいため、一括破砕選別施設での処理により、資源回収をすることは容易であると思われる。しかし、例えば、家具類などは破損や汚れることはあっても故障するということはないため、若干の修繕により再び使用することができると思われる。従って、そのような製品のみが製品再生施設に運ばれ、残りは、自治体によって収集、破砕選別処理されるとした。排出される家具類・趣味用品の内、再生可能な製品の割合は不明であるが、家電製品と同じく、廃棄製品の機能が向上するあるいは修復されれば同じ製品を使い続ける人が8割いるとし、残りは自治体で処理される(a=0.2)とした。

そのほかの製品は、現状シナリオと同じとした。

3.4　シナリオごとの粗大廃棄製品フロー推定結果

結果を表5に示す。シナリオ1からシナリオ2および3にかけて、自治体の処理負担は約7割、3割に減少した。また、シナリオ2では、家電製品主要4品目およびパソコンのフローを変えただけであるが、シナリオ1と比べて民間破砕選別施設の負担は半分になった。この場合、特定製品資源化施設（Bp）に搬入される量は、9,740t/年となった。また、シナリオ3では、Brに搬入される製品は、その全量が再び家庭へもどると考えると、不用となった粗大廃棄製品の内、約7割が廃棄物とならずに減量されたことになる。

4. まとめ

札幌市の粗大ごみ収集方法の変化により、粗大廃棄製品の組成が変化したことを示した。また、札幌市が集計した粗大ごみの組成をもとに、現状シナリオ、家電リサイクル法により家電製品が民間業者によって全量処理されるという現状トレンドシナリオ、および製品の再使用を重視したシナリオの3つのケースで、粗大廃棄製品フローを推定した。製品再使用重視シナリオでは、家庭から発生する粗大廃棄製品の70%が減量できることを示した。しかし、これらの推定は、かなり大胆な仮定や推定値を用いているため、結果の信頼性を高めるためには、アンケート調査などによる家庭からの粗大製品廃棄先の把握や、民間処理業者への調査による製品ごとの処理フロー調査が必要だと思われる。

参考文献

[1]松藤ら：粗大ごみ収集の申込み制実施状況とそれに伴う収集量変化、第９回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp159-161, 1998

[2]田中ら：都市ごみリサイクルとその技術・仕組みについて－粗大ごみについて－、資源と環境、Vol.9, No.2, pp.135-144, 2000

[3]松藤ら：ビデオ撮影による不燃・粗大ごみの質・量の計測と住居形態別ごみ発生特性、廃棄物学会論文誌、Vol.2, No.1, pp.1-10, 1991

[4]エヌ・ティー・エス：廃家電品・廃コンピューターの処理とリサイクル, 1997

[5]梅田：インバース・マニュファクチャリング、工業調査会, 1999

[6]経済企画庁調査局編：平成10年度版家計消費の動向、大蔵省印刷局