

No. 896

ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析

by

安田八十五

January 2001

ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析
安田八十五*

* 筑波大学大学院社会工学系

連絡先：〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1 筑波大学社会工学系 安田八十五
Dr. Yasoi YASUDA, TEL&FAX 0298-53-5090, E-mail: yasuda@shako.sk.tsukuba.ac.jp

要旨：

最近、ペットボトルが飲料容器として大量に流通している。しかしながら、ペットボトルのリサイクルは、成功しているとは言い難い。ペットボトルのリサイクルは、容器包装リサイクル法が施行された平成9年（1997年）から本格化されたが、平成11年度（1999年）で、約20%の回収率にとどまっている。本論文では、自治体におけるペットボトルのリサイクルの取り組みに関して、社会的費用便益分析を用いた総合評価を行なう。環境負荷削減による外部便益増加を含めた社会的純便益は、事例研究を行った3自治体すべてにおいてマイナスの結果を得た。ペットボトルのリサイクルが、自治体において大きな経済的負担になっており、事業者負担の適正化等の受益者負担原理に基づいたリサイクル政策の改革が求められている。

キーワード：ペットボトル、容器包装リサイクル法、社会的費用便益分析、環境負荷評価、総合評価

1. 研究の背景と目的

平成9年(1997年)に容器包装リサイクル法(以後「容リ法」という)が施行され、ガラス瓶とペットボトルを対象としたリサイクルがスタートした。そこで本研究では、ペットボトルのリサイクルによってどのような社会的費用・便益が発生するのか、また、廃棄物として処理された時と比較して社会的にみた純便益に関して、社会的費用便益分析を With and Without Comparison Method を用い、評価する。その際、単にその処理費用で比べるのではなく、環境負荷などの外部費用を LCA (ライフサイクルアセスメント)の結果などを用いて算出する。

また容器包装リサイクル法の施行によってペットボトルのリサイクルルートが開拓されたが、これらのルートを利用する自治体と独自のルートを模索する自治体とを比較し、この法律の今後のあり方や問題点、さらにはこれらの調査結果により、ペットボトルリサイクルの今後のあり方や公平な費用負担について検討する。

2. ペットボトルのリサイクルに関する動向と課題

容器包装リサイクル法においては、消費者・市民が「分別」排出し、自治体(市町村)が「収集・輸送」し、事業者が「処理」(再商品化)することにより、再資源化をはかる、といった役割分担が示されている。しかしながら、ペットボトルのコスト分析によると、再資源化費用全体の7~8割が収集輸送によるものであり、自治体の負担が重い状況である。ドイツでは事業者がリサイクル費用を100%負担している。

1996年(容リ法制定前年)のペットボトル回収率3%に対し、'97年は9.8%、'98年は16.9%と回収率は伸びているが、生産量は'93年の12万4千トンから'98年の28万2千トンへと2倍以上増えており、'98年の廃棄物量は23万4千トンで法制定前よりも増加している。(Figure.1 参照)

Figure.1

容リ法制定前は各メーカーが小型ペットボトルの使用を自粛していたが、輸入ものが増えてきたことと、容リ法制定でリサイクルの目途がたったことにより、'96年から発売されるようになった。しかし、ペットボトルの生産量及び廃棄物量は逆に増加している状況である。ペットボトルのリサイクルは、成功しているとは言い難い。

3. 既存研究の展望と本研究の特徴

ペットボトルのリサイクルの評価に関する既存研究としては、例えば、永田勝也・前野智春・嬉野道弥(1996)、日引聡・後藤典弘・寺園淳(1998)、及び寺園淳・乙間末広・森保文(2000)等がある。永田等(1996)は、環境負荷影響評価に関してLCAを用いて行った研究であり、日引等(1998)はさらに処理費用の分析を行っている。しかしながら、環境負荷を外部費用として加え、社会的費用便益分析を適用し総合評価を実行した研究はほとんど無い。

筑波大学社会工学系安田研究室では、1994年度から共同研究および修士論文研究等によってペットボトルのリサイクルに関する社会的費用便益分析を用いた総合評

価研究を行ってきたが、学術論文として公刊されずに来てしまった。そこで、本研究では、これまでの研究をまとめる意味で論文の形にする。

過去のペットボトルリサイクルの社会的費用便益分析には外部費用が含まれているものが少なく、永作(1997)では焼却による二酸化炭素の削減費用しか計算されていなかった。今回の研究では、これに加え、近年盛んに行われるようになってきたLCA(Life Cycle Assessment)の研究結果による、ペットボトル生産段階でのCO₂・NO_x・SO_x量と、それらの除去・固定費用などから、これを外部費用として考え、その環境削減効果を社会的便益に加え、社会的総便益を評価する。

また、容器包装リサイクル法施行によって生まれた新たな処理工程とその費用を調査し新しい評価式に加える。

研究対象地区として、容器包装リサイクル法ルートを100%適用している埼玉県川口市と、30%を指定法人ルートそして70%を市場にまわしている大阪市、及び独自のルール(東京ルールⅢ)で回収を行っている東京都の3自治体とした。LCAに関しては、過去に行われた、プラスチック処理促進協会(1995)を参考にした。

4. ペットボトルのリサイクルに関する社会的費用便益分析による評価式

ペットボトルのリサイクルに関する社会的費用便益分析を適用した総合評価の方法に関しては、Turner(1993)(1994)等が提案し、安田八十五(1993・2000)が修正した評価式を、更に修正した下記の式を用いることにする。

$$\star NBr_t = NBr \times Qpet \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

- ・NBr_t; 対象地域全体における純便益(円/年)
- ・NBr; リサイクルされたペットボトル1t当たりの純便益(円/t/年)
- ・Qpet; 対象地域におけるペットボトルの回収量(t/年)

$$\bullet NBr = NBr.w - NBr.o \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

- ・NBr.w; ペットボトルリサイクルを実行したときの便益
- ・NBr.o; ペットボトルを廃棄物として処理したときの便益

$$\blacktriangledown NBr.w = Cvel - (Ccr + Csp + Crg) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

- ・Ccr; ペットボトル収集費用(円/t)
- ・Csp; 中間処理費用(選別・圧縮・保管費用)(円/t)
- ・Crg; 再商品化費用(円/t)
- ・Cvel; バージン原料の生産費用(円/t)

$$\blacktriangledown NBr.o = -(Ccw + Csb + Cdw + Cve2) \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

- Ccw; 一般ゴミ(可燃ゴミなど)として収集された場合の収集費用(円/t)
- Csb; 中間処理費用(焼却・破碎・資源化費用)(円/t)
- Cdw; 最終処分費用(残渣埋立など)(円/t)
- Cve2; 焼却などによる環境損失の費用(円/t)

つまり、③と④の式をあわせて②の式に代入すると以下のようなになる。

$$\begin{aligned} \cdot NBr &= NBr.w - NBr.o \\ &= (Ccw - Ccr) + (Csb - Csp) + (Cvel - Crg) + (Cdw + Cve2) \dots \dots \textcircled{5} \end{aligned}$$

従って、 $Ccw - Ccr$ ：収集費用差、 $Csb - Csp$ ：中間処理費用差、 $Crg - Cvel$ ：原料価格差、及び、 $Cdw + Cve2$ は最終処分費用と環境損失費用の節約分（外部効果）を表す。

5. 川口市・大阪市・東京都における便益評価結果（外部費用を除く） Table 1.1

⑤の評価式による、各都市の外部費用 $Cve2$ を除いた計算結果は Table 1.1 のとおりである。社会的純便益は、いずれの自治体においても大きなマイナスの値を示した。これは、ペットボトルのリサイクルが各自治体に大きな財政的負担となっていることを意味している。

6. 外部費用と外部便益の評価と測定

6. 1. ペットボトル焼却による二酸化炭素排出

ペットボトルの化学式： $C_{10}H_8O_4 + 10O_2 \rightarrow 10CO_2 + 4H_2O$ により、完全燃焼した場合、水と二酸化炭素に分解されると仮定し、その排出量を計算した。また、焼却による二酸化炭素排出の金額の評価を欧米で用いられている、炭素税の数値（今回はデンマークの CO_2 1 kg で 11.39 円）をかけて行なうこととした。

6. 2. LCA について

Figure. 2

ペットボトルのライフサイクルの仕組みを単純に示すと以下のような Figure. 2 のようになる。今回考慮する部分は図の①～③と、・と・である。この部分を再生ペットボトルが新たにペットボトルとしてリサイクルされた場合の節約できる環境負荷として考える。なお、回収されたうち 7 割を再生可能とし、またその中の 8.6% が再生ボトルになるとした。LCA のデータに関してはプラスチック処理促進協会（1995）の数値を使用した。

ペットボトル精製過程（図の①～③と、i と ii）で生まれた、 $CO_2 \cdot NO_x \cdot SO_x$ 量に、その除去・固定費用をかけて、これを環境汚染防止費用の潜在費用（Shadow Price）とし、防止費用の減少分を外部便益の増加とみなす。（Table 2. を参照）

Table. 2

7. 総合評価の結果

Table. 3

外部費用及び外部便益を含めた各都市の総合評価結果は Table. 3 のとおりである。いずれの自治体においても、社会的純便益は、すべてマイナスの値となっている。ただし、環境負荷削減効果による外部便益増加分だけプラスになっている。外部便益を考慮しても、各自治体に大きな負担となっていることに変わりはない。

8. 結論と課題

各対象地域における回収量が異なるために、単純比較することはできないが、計算結果より、容器包装リサイクル法（指定法人ルート）システム利用自治体のマイナスが大きく、東京・大阪のように再生PETを市場ルートにのせるところはマイナスが小さいことがわかる。このことから指定法人ルートは市場ルートに比べ費用がかかっていると言える。

また、外部費用について考えると CO_2 ・ NO_x ・ SO_x のそれぞれの除去・固定金額は、発電に関するデータのものなので、これを最低限の費用として考え、将来的な大気汚染問題に対する投資額を考慮すればこれは大きなプラスになることが予想される。また、LCAの研究が進めばさらに正確な結果が得られるであろう。

今後の研究課題としては、次の2課題が重要である。

- ・ 収集費用などの測定数値の正確性及びリサイクルに関する費用の計算方法の統一が求められる。
- ・ ライフサイクルの一部しか評価していない（LCAデータが不十分）。

9. 政策提言

「受益者負担の原則」（Polluter Pay Principle, PPP）という立場からすると、これまでの費用負担は自治体が負う負担、言い換えればペットボトル飲料を購入するしないにかかわらず、税金という形で負う市民の負担が大きく、公平な費用負担とはなっていなかった。そのため、回収は店頭（拠点）回収とし、収集・運搬は事業者に課してその費用を販売価格に内部化し、処理・再生はリサイクル業者に任せる、といったやり方が「受益者負担の原則」という立場からみた一番公平な費用負担であると考え、本研究の政策提案とする。

謝辞：

本論文は、1994年度以降の筑波大学社会工学系安田研究室におけるペットボトルのリサイクルシステムに関する共同研究の成果に基づいて執筆された。修士論文・卒業論文研究として共同研究に参加された副田 俊吾、永作 肇、Vieira Leal Arimar、山田 圭介、深津 学治の諸君の貢献が大きい。図表の作成等に松田愛礼君の協力を得た。1994年度～1994年度に、旭硝子財団の研究助成を受けたことが本研究の出発点となった。また、1999年度は、環境庁からの社団法人環境生活文化機構を通じたリユースモデル事業の委託調査研究を受けた。以上の方々及び各機関のご協力・ご援助に深く感謝する。

参考文献

- 1) (社) プラスチック処理促進協会編：「プラスチックなど容器包装材料の環境影響評価（LCA）」、社団法人プラスチック処理促進協会発行、平成7年3月（1995）
- 2) 安田八十五編著：「固形燃料化システムの有効性の総合評価とその利用可能性」、(社) 日本地域冷暖房協会、平成9年3月（1997）
- 3) 副田俊吾：「プラスチック容器のリサイクルシステムの分析と評価 - PETボ

- トルのリサイクルシステム」、筑波大学環境科学研究科修士論文、平成8年3月(1996)
- 4) 永作肇:「ペットボトルのリサイクルに関する社会的便益の評価」、筑波大学社会工学類卒業論文、平成10年3月(1998)
- 5) Vieira Leal Arimar: "An Evaluation of a Recycling System for PET Bottles: A Comparative Study among Kasukabe, Kawaguchi, and Kounosu Cities"、筑波大学環境科学研究科修士論文、平成10年3月(1998)
- 6) 山田圭介「ペットボトルのリサイクルシステムの費用と便益の評価: 容器包装リサイクル法とその他のリサイクルシステムとの比較」、筑波大学社会工学類卒業論文、平成10年3月(1999)
- 7) 深津学治:「再商品化におけるペットボトルのリサイクルシステムの評価」、筑波大学環境科学研究科修士論文、平成10年3月(2000)
- 8) 安田八十五・副田俊吾:「飲料用PETボトルのリサイクルシステムの分析と評価」、第6回廃棄物学会研究発表会講演論文集1995、平成7年10月、PP53-56、(1995)
- 9) 安田八十五・副田俊吾:「PETボトルのリサイクルに関する総合評価と政策提案」、旭硝子財団研究助成成果発表会、新しい時代を拓く人文・社会科学研究講演資料、平成9年7月17日、PP17-22、(財)旭硝子財団発行(1997)
- 10) 安田八十五・山田圭介・深津学治「ペットボトルのリサイクルシステムの費用と便益の評価」、第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集、PP. 82-85、平成11年10月(1999)
- 11) 日引聡・後藤典弘・寺園淳「容器包装リサイクル法におけるペットボトルリサイクル費用に関するケーススタディ」、第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp107-110、(1998)
- 12) 寺園淳・日引聡「PETボトルのリサイクルにおける環境負荷と費用負担の評価」、第3回エコバランス会議講演集、pp483-486、(1998)
- 13) 永田勝也・前野智春、嬉野道弥「統合化指標を用いたPETボトルのLCA(その2)~カスケードリサイクルに対する評価方法について~」、第7回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp111-114、(1996)
- 14) 寺園淳・乙間末広・森保文:「マテリアルフロー調査による容器のリサイクル率の検討」、廃棄物学会論文誌、Vol. 11, No. 6, pp. 314-323, (2000)
- 15) Richard C. Porter: "A Social Benefit-Cost Analysis of Mandatory Deposits on Beverage Containers", *Journal of Environmental Economics and Management* 5, 351-375, (1978)
- 16) Peter Bohm :Deposit-Refund System: Theory and Applications to Environmental, Conservation, and Consumer Policy", The Johns Hopkins University Press, (1981):"
- 17) Nick Hanley and Clive L. Spash: Cost-Benefit Analysis and the Environment", Aldershot, Hants, England, E. Elgar, (1993)
- 18) Per-Olov Johansson: Cost-benefit Analysis of Environmental Change,

Cambridge, Cambridge University Press, (1993)

19) D.W.Peace and R.K.Turner: "Market-Based Approaches to Solid Waste Management", Resources, Conservation and Recycling, Vol.8, pp.91-101, (1993)

20) R.Turner, D.Peace, and I. Bateman : Environmental Economics , Harvester Wheatsheaf, pp.252-266, (1994)

21) 安田八十五:ごみゼロ社会をめざして一循環型社会システムの構築と実践一、日報、(1993・2000)

Evaluation and Policy Analysis on the Recycling System of PET Bottles

Yasoi Yasuda*

*Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba,

Correspondence should be addressed to Yasoi Yasuda:
(1-1- 1, Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573, Japan)

Abstracts

Recently, PET bottles are circulating voluminosly as beverage containers. However, it is difficult to say that the recycling of PET bottles is succeeding. As for the recycling of PET bottles, since the containers and packaging recycling law was implemented in 1997, it was turned on a full scale, although it is staying at about 20% of collection rate in 1999. We want to carry out the comprehensive evaluation using the social cost benefit analysis regarding the tackling of the recycling of the PET bottle in local governments. The social net benefit including the external benefit is increased by the decrease of environmental load in all 3 cities as case studies, but obtained the result of minus value. The recycling of PET bottles is becoming a big economic burden in the local governments and it is requested the reform of the recycling policy based on the beneficiary pay principle by the adjustment of the producer responsibility.

Key words: PET bottles, the containers and packaging recycling law, social cost benefit analysis, environmental load evaluation, comprehensive evaluation

List of Tables and Figures

Figure.1 Changes in PET Bottles
Production, Disposal, Rate of Collection

Table.1 Results of Benefit Evaluation in
Kawaguchi City, Tokyo Metropolis, Osaka
City

Figure.2 Life Cycling Process of PET
Bottles

Table.2 Shadow Prices of Reducing
Environmental Pollution from PET Bottles

Table.3 Comprehensive Evaluation Results
in Each City

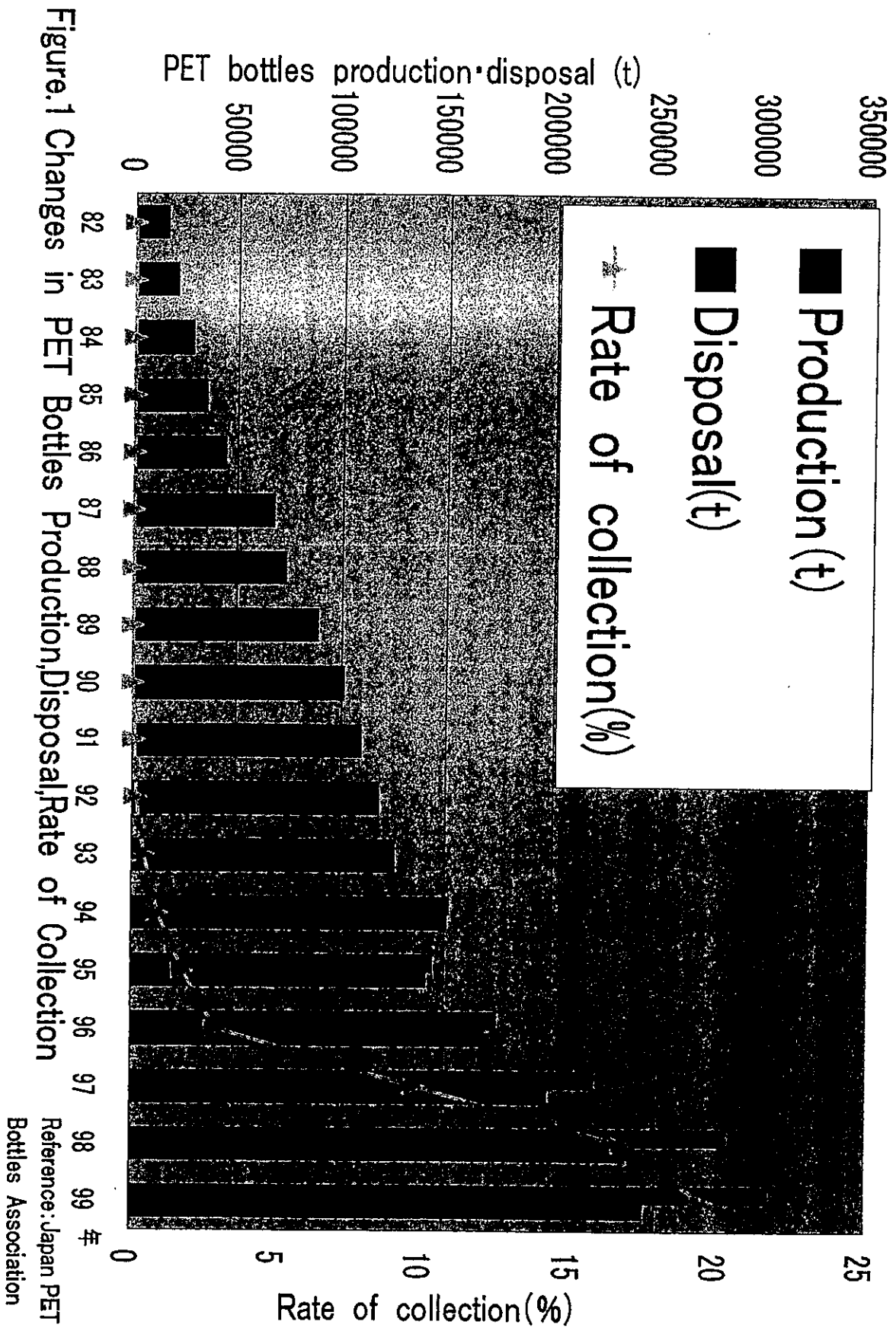


Figure.1 Changes in PET Bottles Production, Disposal, Rate of Collection

Table.1 Results of Benefit Evaluation in Kawaguchi City, Tokyo Metropolis, Osaka City

| | Benefit per PET bottle 1kg(Yen) | PET collection(ton) | Total benefit(10 thousand Yen) |
|------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Kawaguchi City | -11651 | 535 | -6238 |
| Tokyo Metropolis | -3600 | 1404 | -5613 |
| Osaka City | -99.97 | 412 | -4116 |

NB) Ccw, Ccr, Csb, Csp are estimated by hearing from related organizations

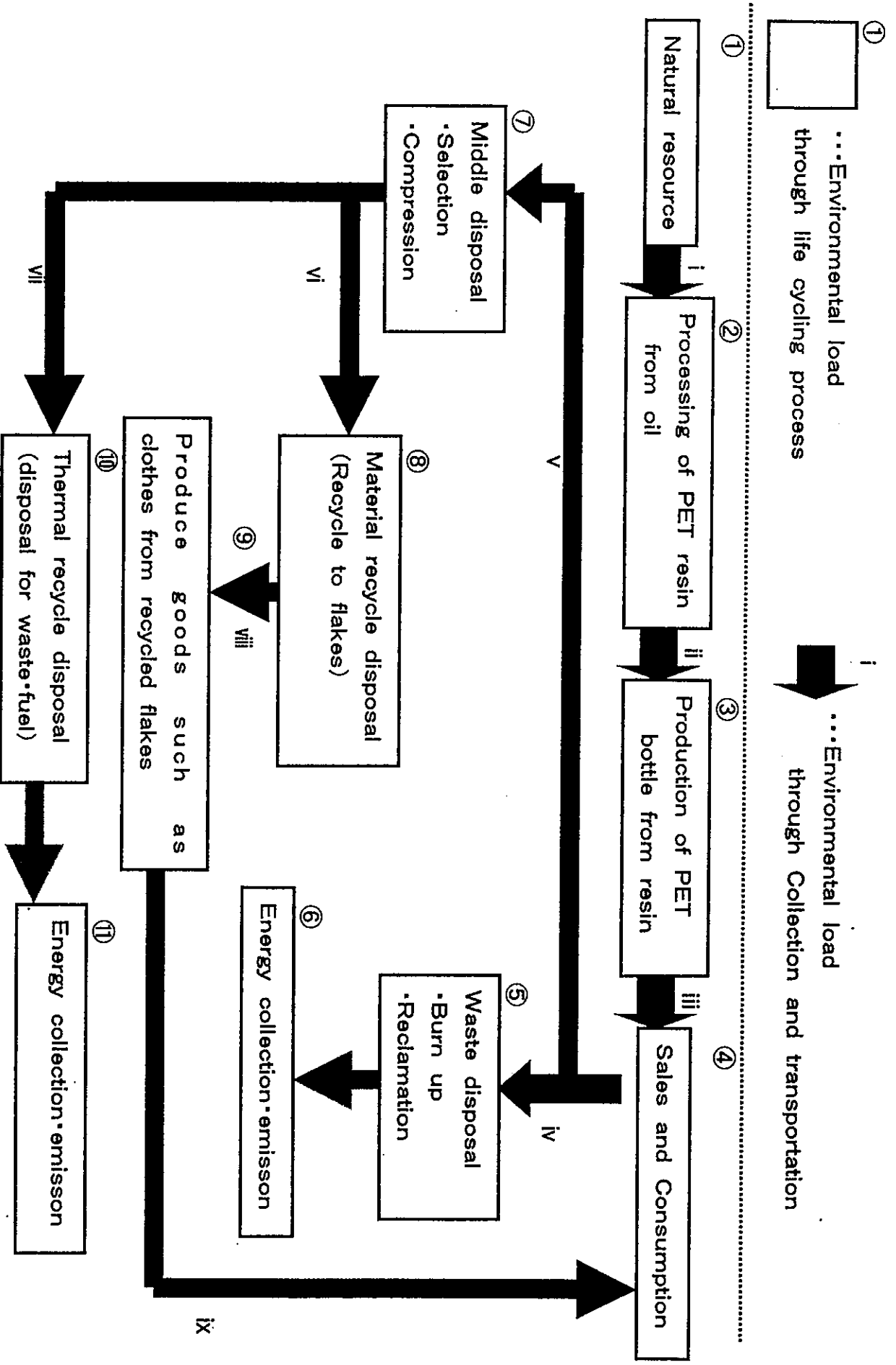


Figure.2 Life Cycling Process of PET Bottles

Table 2 Shadow Prices of Reducing Environmental Pollution from PET Bottles
 Environmental impact evaluation and reduction costs per PET bottles 1kg

| | CO ₂ | NO _x | SO _x |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Emission/PET bottles 1kg | 3.483 | 0.002 | 0.020 |
| Elimination costs (Yen) | 2 | 426 | 1.289 |

NB) We used the values in Yasuda (1997)
 for the elimination costs for CO₂, NO_x, SO_x

Table.3 Comprehensive Evaluation Results in Each City

| | Kawaguchi City | | Tokyo Metropolis | | Osaka City | |
|--|----------------|-------------|------------------|-------------|------------|-------------|
| | Year | 1997 | 1997 | 1997 | 1997 | 1997 |
| PET bottles collection(t) | | 535 | | 1,404 | | 412 |
| Cost of raw material : Cve1 (Yen/kg) | | 150 | | 150 | | 150 |
| Cost of recycled material : Crg (Yen/kg) | | 151 | | 90 | | 115 |
| Benefit excluding external benefit (Yen) | | -62,389,940 | | -56,129,337 | | -41,162,919 |
| External benefit (CO ₂ burned)(Yen) | | 13,977,404 | | 0 | | 10,754,058 |
| External benefit (Total LCA)(Yen) | | 1,064,158 | | 2,792,669 | | 819,501 |
| Total benefit including external benefit(Yen) | | -47,348,378 | | -53,336,668 | | -29,589,360 |
| Value per 1 bottle (60g) | | | | | | |
| Total benefit excluding external benefit (Yen) | | -7.00 | | -2.40 | | -5.99 |
| Net benefit including external benefit(Yen) | | -5.31 | | -2.28 | | -4.31 |
| Benefit per person(Yen) | | -102.99 | | -4.51 | | -11.40 |

(NB) Raw material price and cost of recycling are estimated by hearing the PET bottles promotion council