

家庭における物質循環システムの環境負荷評価とエココミュニティ形成に関する研究
—関西文化学術研究都市住宅・団地を対象として—

Assessing the Environmental Burden from a Domestic Material Cycle
and Its Application to an Eco-community Formation
-A Case of Housing Development in Kansai Science City-

袖野 玲子*

津村 和志*

内藤 正明*

Reiko SODENO*

Kazushi TUMURA*

Masaaki NAITO*

ABSTRACT : The study has concerned with development of an eco-sound community of sound material cycle systems and largely improved life style. Firstly, a criterion of assessing eco-soundness has been evolved. To calculate the criterion, an extensive data collection has been made of the parameters of environmental load generated from a unit consumption of consumer goods in everyday life. On the basis of this collected data set, variety of alternatives in household action were quantitatively evaluated. The result proves that the most feasible and effective way of household behavior supported by the eco-sound community infrastructure is the system of encouraging life style change with waste composting.

The present analysis will provide a useful basis for future development of the concept of an eco-sound society.

KEYWORDS : environmental burden, LCA, life style, eco-sound community

1. はじめに

地球環境の危機的状況は認識の段階をすぎ、いまや何らかの具体的な対策を講ずるべき段階にある。そのためには①何が本当に地球に優しいのかという「評価」、②それを実行に移す「生活スタイル」とそれを支える「技術の手立て」が必要である。

そこで、本研究では特に一般家庭における物質の循環（一般消費財の購入から廃棄まで）に的を絞り、環境低負荷型システムとは何かを明らかにすることを目的としている。環境負荷を総合指標にまとめる手法はまだ多くの議論を残しているので今回は個別の指標群による評価に留め、物質の成分ごとにトータルな環境影響をLCA(Life Cycle Assessment)的に検証して体系化した。

青柳ら¹⁾が家庭における二酸化炭素排出削減の可能性についてその実行可能性をも加味して評価、分析しているが、本研究では更に、リサイクルプラザなど地域の物質循環システム整備によって誘導されるライフスタイル変更の可能性も考慮した。研究の流れを図1.1に示す。

尚、本研究は住宅・都市整備公団が計画中の関西文化学術研究都市内のT地区(奈良県と京都府に属する)を対象に、ここでの実データを用い、研究結果の実計画への活用を意図して進めた。

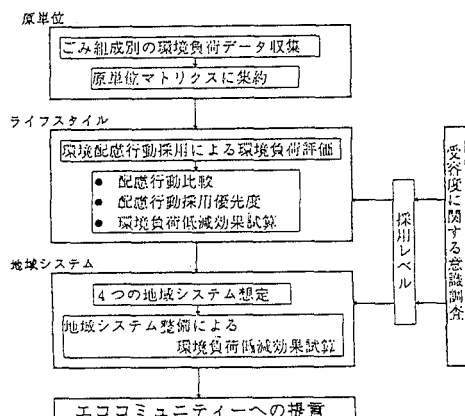


図1.1 研究の流れ

* 京都大学工学研究科 環境地球工学専攻 Division of Global Environment Engineering, Kyoto University

2. 環境負荷原単位の集約と環境配慮行動採用による環境負荷低減

環境負荷を総合的に評価するには LCA 的な考え方は重要であり、本研究の負荷削減量も LCA の積み上げ法によって評価した。しかし、LCA において最も重要な原単位データはまだ限られた製品についての研究しか公表されていないため、本研究で採用したデータは本格的な LCA を行うものとして不十分であり、従って結果もかなりの誤差巾を持つ試算結果であることに留意して頂きたい。

2.1 環境負荷原単位の分析と評価

本研究では、データの揃いやすさと環境問題での重要性を考慮して図 2.1 に示す 7 つの評価項目を設定した。このうち BOD についてはデータが揃わなかったのでここでは省いている。残り 6 つの評価項目に沿って環境負荷原単位を文献やヒアリングより表 2.1 にまとめた。参考文献を原単位の右肩に記す。ただし、単位を揃えるための換算など、簡単な計算過程は省く。消費財を組成ごとに 6 つに分け、必要に応じて生産、廃棄段階を更に分けて表示している。例えばガラスは、生産段階としてバージン資源から、再生カレットから、リターナブルびんからの 3 つと廃棄段階、計 4 段階を表示している。以下この値をもとに解析を進めた。

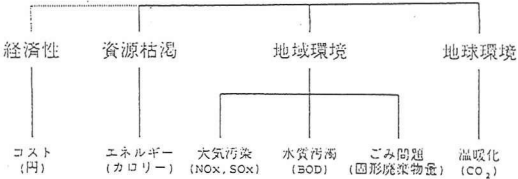


図 2.1 採用した環境評価項目の構成

表 2.1 成分別 1kg 当たりの環境負荷原単位

	負荷排出段階	エネルギー [kcal]	CO ₂ [kgC]	NO _x [g]	SO _x [g]	コスト [円]	固形廃棄 物量 [g]
厨 芥	生産段階	5,965 3) 4) 5)	—	—	—	829 3) 5) 6)	—
	廃棄段階	63.2	0.326	1.83	0.33	43.2	1,000
紙 類	バージン資源から生産段階	5,228 8)	0.373 9)	0.002 10) 11)	0.033 10) 11)	注 2 867	—
	再生資源からの生産段階	3,277 8)	0.276 7)	0.001 7)	0.009 7)	注 2 750	—
	紙パックの生産段階	10,667 13)	0.779 13)	1.983 13) 22)	2.315 13) 22)	1,003 14)	—
	廃棄段階	81.2	0.219 12)	1.83	0.33	43.2 注 3 50.4	1,000
プ ラ ス チ ッ ク	PET 生産段階	28,377 16)	1.283 15)	3.45 15)	20.27 23)	833.3 7)	54 16)
	PET ベレット生産段階	6,733 16)	0.415 16)	2.06 16)	4.28 16)	732.1 17)	106 16)
	トレイ生産段階	10,678 15)	0.905 15)	3.41 15)	16.82 15)	136.4 7)	—
	HDPE 生産段階	4,806 15)	0.4 15)	1.460 16)	5.109 15)	73.0 7)	—
	廃棄段階	37.8 16)	0.455 16)	3.82 16)	0.37 16)	168.1 注 4 232.9 16)	1,000
布	廃棄段階	63.2	0.326	1.83	0.33	43.2	1,000
ガ ラ ス 類	バージン資源から生産段階	7,340 7) 21)	注 5 0.461	0.582 13)	0.689 13)	163.9 7)	—
	再生カレットから生産段階	5,898 7)	0.381 7)	0.466 7)	0.551 7)	37.821	—
	リターナブルびん生産段階	684.3 22)	0.043 22)	0.223 22)	0.264 22)	8.3 7)	—
	廃棄段階	63.2	0.326	1.83	0.33	37.8	1,000
金 属 類	アルミ缶生産段階	57,569 7)	0.682 24)	14.25 24)	15.75 24)	1,250 7)	—
	アルミ缶の再生産段階	1,658 7)	0.046 23)	0.713 7)	0.788 7)	140 19)	—
	スチール缶の生産段階	4,520 7)	注 6 0.054	注 6 1.126	注 6 1.244	1,250 7)	—
	スチール缶の再生産段階	1,590 7)	0.008 7)	0.169 7)	0.187 7)	65 19)	—
	廃棄段階	63.2	0.326	1.83	0.33	Al;140,St;52 19)	1,000

注 1：廃棄物処理段階における環境負荷原単位は奈良市からのヒアリングデータから算出し、ごみ処理費については、高月 2) の手法を参考にみかけ比重をもとに各成分の処理費を求めた。

注 2：生活協同組合から売れ筋ノートについてのヒアリング

注 3：紙おむつの廃棄段階コスト

注 4：PET・トレイの廃棄段階コスト

注 5：リターナブルびんとのエネルギー比較より

注 6：アルミ缶とのエネルギー比較より

2.2 環境配慮行動採用による環境負荷低減量に関する考察

家庭において今日からでも採用可能な 19 の環境配慮行動について、環境負荷削減量を表 2.2 にまと

め、定量評価を行った。これは、京都市清掃局の家庭ごみ細組成調査報告書²⁵⁾から削減可能廃棄物量を推定し、先に求めた成分別負荷原単位を乗じて算出したものである。負荷削減効果が大きい行動は、②計画的調理法、⑪ワンウェイ→リターナブルびんがまず挙げられ、次に①食料品の計画購入、⑤買い物袋持参が続く。

これらの環境配慮行動をすべて採用したライフスタイルを想定する。ただし、たとえば⑨と⑬の配慮行動のように対象が重なる場合はより低負荷型の方を採用した。これにより試算される環境負荷削減総量は、一人一日当たり固形廃棄物量で 338.9g、エネルギー消費量で 2,072kcal、CO₂ 排出量で 0.261kgC、NO_x 排出量で 1.12g、SO_x 排出量で 0.899g、コストで 188.0 円となる。このライフスタイルを千人が一年間続けたとすれば、環境負荷削減可能量は東京ドーム半杯分の廃棄物量、家庭で燃料燃焼時に排出される CO₂ 量の 14 日分、乗用車が 2,200km 走行する間に排出する NO_x 分に相当し、個人の配慮が全体として大きな効果につながる事が判る。

3. 一般家庭における環境低負荷型ライフスタイルに関する考察

3.1 環境低負荷型ライフスタイル受容に関する意識調査

地球環境問題解決には各人の自主的な努力がかかせない。そこで受容可能性を高めて、効果的に環境低負荷型ライフスタイルを実現するための検討を目的として以下の調査を実施した。調査概要を表 3.1 に示す。

アンケート結果から対象地のモデル世帯として「庭付き一戸建て住宅(8 割)、家事担当者は 30 代後半から 40 代(7 割)、生計支持者は会社員(9 割)、子ども 1~2 人(5 割)の平均 3.8 人家族」を想定する。回答者の環境問題に対する取り組み具合は「無理のない程度で(55%)」と「多少生活を犠牲にしても(41%)」というレベルが多く、また、9 割以上の人が何らかの社会システムの整備を求めており行政への期待の大きさが伺える。

3.2 環境配慮行動採用レベルによる環境負荷低減

配慮行動の受け入れ易さを表す指標として「採用レベル」L を定義し、これを考慮した負荷削減量 W を以下のように求めた。

$$L_i = (a_1 \times 100 + a_2 \times 66 + a_3 \times 33 + a_4 \times 0) / 100$$

次のように回答した世帯の割合 「既に実行中」；a₁[%]
「取り入れられる」；a₂[%]
「一部取り入れられる」；a₃[%]
「今後も採用予定なし」；a₄[%]

表 2.2 配慮行動採用による一人一日当たりの環境負荷低減量

配慮行動		削減可能廃棄物量[g]	エネルギー削減量[kcal]	CO ₂ 削減量[kgC]	NO _x 削減量[g]	SO _x 削減量[g]	コスト削減量[円]
Ⅰ 廃棄物発生量削減	①食料品の計画購入	38.2	230.2	0.012	0.070	0.013	33.3
	②計画的調理法	87.6	528.1	0.029	0.160	0.029	76.4
	③DM 拒否	6.1	32.4	0.004	0.011	0.002	5.6
	④過剰包装拒否	24.6	130.8	0.015	0.045	0.009	22.4
	⑤買物袋持参	21.8	106.1	0.016	0.072	0.119	2.5
	⑥トレイ不使用	8.6	92.4	0.011	0.045	0.147	1.3
Ⅱ 環境低負荷型行動	⑦*ティッシュ →台ふき	8.3	0.7	0.002	0.015	0.003	0.36
	⑧*紙おむつ →布おむつ	20.97	16.9	0.060	0.306	0.433	10.1
	⑨紙パック →リターナブルびん (10ml)	3.06	25.6	0.003	0.009	0.005	3.1
	⑩プラ容器 →リターナブルびん (126ml)	5.02	-16.1	0.004	0.010	0.048	4.4
	⑪ワンウェイびん →リターナブルびん (21ml)	12.9	811.0	0.092	0.264	0.078	24.2
	⑫紙リサイクル	24.8	50.4	0.008	0.091	0.009	4.0
Ⅲ 資源化促進行動	⑬紙*フリサイクル	3.06	14.6	0.002	0.010	0.007	0.5
	⑭PET リサイクル	5.02	32.1	0.007	0.026	0.058	1.7
	⑮リターナブルびん リサイクル	2.2	14.8	0.002	0.005	0.002	0.4
	⑯ワンウェイびん リサイクル	12.9	20.7	0.005	0.025	0.006	0.9
	⑰アルミ缶リサイクル	3.3	178.2	0.003	0.051	0.050	4.1
	⑱スチール缶リサイクル	4.1	12.3	0.002	0.011	0.006	5.1
	⑲**不要品 リサイクル	22.8	30.9	0.007	0.068	0.008	2.7

*；廃棄段階のみで評価、(ティッシュ排出量中 5 割を台ふきに変更とした)
**；内訳は書籍 15.5g、衣類 7.3g

表 3.1 アンケート調査の概要

調査名	地球に優しい生活への意識調査
調査時期	平成 7 年 12 月 20 日～平成 8 年 1 月 21 日
調査対象	京都府相楽郡精華町在住 420 世帯 (関西文化学術研究都市精華・西木津地区)
調査方法	配布、郵送回収
有効回収率	46.9%
調査概要	①アンケートの趣旨説明 ②回答者の属性 ③新技術(コンポストなど)に関する受容度 ④環境に関する姿勢(配慮行動選択の意向など) ⑤地域施設(市民公園など)に関する受容度

採用レベルLは更に地球・人間環境フォーラム 26)など 4 種の調査結果も加味して設定し、結果を表 3.1 に示す。各行動の記号は表 2.2 と同じ番号である。

表 3.1 各環境配慮行動の採用レベル

行動番号	①②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨⑩ ⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰⑱	⑲
採用レベル	55.7	40.0	57.0	36.4	71.0	54.0	41.0	51.3	89.6	44.4	36.0	78.4	37.8	74.7	51.5

表 2.2 の配慮行動採用による環境負荷低減量を D_i とすると、採用レベルを考慮した負荷削減量 W_i は

$$W_i = D_i \times L_i$$

で求めた。

以上の計算の結果、2 項目以上において削減量 W が上位 3 位以内に入っている行動の負荷削減量を示したものを図 3.1 に示す。評価項目ごとに負荷低減効果の大きい配慮行動が異なることが判る。このように採用レベルの高い行動から始めるとすれば、“ワンウェイびんのリターナブルびんへの転換” “食べ残しを抑制する計画的調理法” “紙おむつの見直し” “無駄な食料品を家庭内に持ち込まない計画購入” の 4 つの配慮行動が特に環境負荷削減を期待できる。

3.3 一般家庭における環境低負荷型ライフスタイルに関する考察

これまでの評価から、環境低負荷型ライフスタイルとしてまず取り組むべき配慮行動が明らかになり、家庭において食料品の消費に関する負荷が大きいことが示され、その対策が急がれる。この内容については次章に述べる。また、「買い物袋持参」のように削減効果は大きい、採用レベルが低く取り入れにくい対策はランクが低くなった。このようにライフスタイルの見直し優先度が明らかになれば、行政指導や地域システム整備時において何に重点を置くべきかに示唆が得られる。

採用レベルを考慮した配慮行動による負荷削減総量(ΣW_i)は、一人一日当たり固形廃棄物量で 248.7g(73.4%)、エネルギー消費量で 1,271kcal(61.3%)、CO₂ 排出量で 0.146kgC(55.9%)、NO_x 排出量で 0.572g(51.1%)、SO_x 排出量で 0.505g(56.2%)、コストで 112.3 円(59.7%)である。(括弧内は採用レベルを考慮しない場合の最大可能削減量に対する割合。) 配慮行動が 100%採用された時に比べ、削減量は全体的に 6 割にとどまる。将来的には地域システムの整備や環境意識の向上させ、この割合を上げることにより環境低負荷型のライフスタイルを促進する可能性があろう。

4. 環境低負荷型地域物質循環システムとライフスタイル変更

4.1 環境低負荷型地域物質循環システム案

以下では、環境低負荷型ライフスタイルを促進するための地域の物質循環システム整備とその効果を推定する。一般家庭における物質の流れを図 4.1 に示す。ここでは環境負荷低減対策は 1.消費段階 (C) で環境低負荷型ライフスタイル採用、2.処理段階 (P) で環境低負荷型技術導入や地域システム整備の

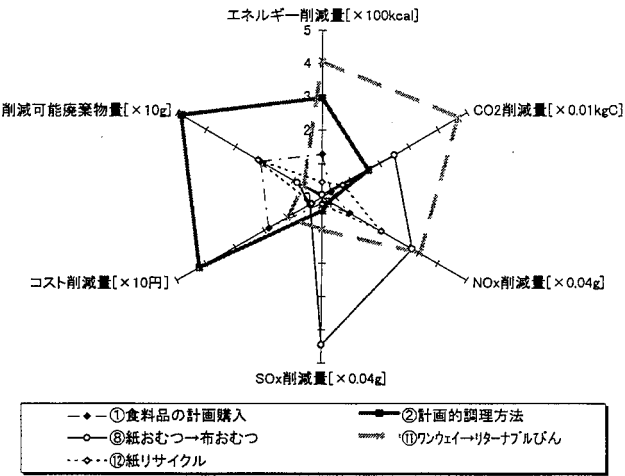


図 3.1 環境配慮行動採用レベルを考慮した負荷削減効果

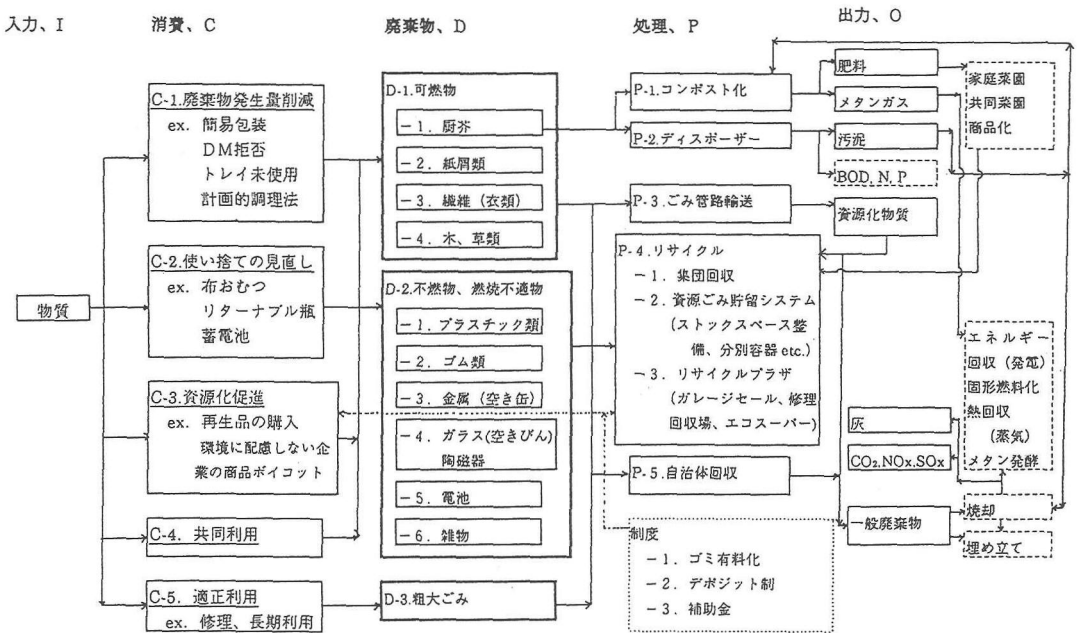


図 4.1 物質の流れと環境配慮技術

2段階で評価する。この2つの間には例えばリサイクルプラザの設置によってもたらされるリサイクル率上昇などの相互作用があり、その相関について考察を進める。

ここでは地域物質循環システムとして次の2つを想定した。厨芥類処理システムとして、「コンポスター」と出来た堆肥の受け皿としての「市民菜園」とを組み合わせた「コンポスト循環システム」を考える。ただし、このシステムは土地のある地域でのみ有効である。また、別途Yコミュニティの調査で共同炊事により固形廃棄物量が5割削減されることが確認されているが、意識調査よりほとんど受け入れられないとの結果が出たので、今回は省くことにした。そして再資源化を促進するシステムとして「環境配慮行動促進システム」を仮定する。これは意識調査結果から配慮行動受容度への影響が大きいと思われる a.食料品のはかり売り、b.簡易包装システム、c.容器のリターナルびんへのコンテナ化、d.リサイクルルートの確立、e.不要物交換システム、f.リサイクルステーションを考える。d.については、住民の希望ごみ収集方法として圧倒的に自治体回収が支持を得ており、定期的に回収出来る自治体によって資源化を促進するとした。e.については、定期的に情報発信する必要情報誌や掲示板などが考えられる。調査対象地では各家庭に一台整備されているCATVを通じて、リサイクル情報を発信するリサイクルプラザを開設している。このような情報システムは今後期待される。f.についてはリサイクルの拠点としてリサイクルプラザを地域の中心に据え、不要品交換コーナーや環境教育の場としても利用される。調査結果では採用レベルは好意的回答も含め97.0と高い。

また、環境問題解決には環境教育の徹底が重要である。住民参加の処理場によって環境への意識が高まったという報告があるが、アンケートでは住民参

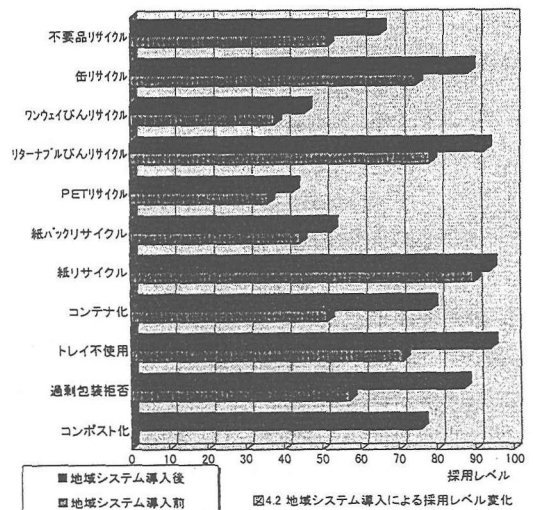


図 4.2 地域システム導入による採用レベル変化

加型処理場の採用レベルは 74.2 と予想以上に高く、興味深い結果となった。

4.2 地域物質循環システム導入による環境負荷低減効果

前節で仮想した地域物質循環システムが整備された場合の採用レベルの変化(図 4.2)から、同様に負荷低減量を試算した。これは、例えば「簡易包装は一部取り入れられる」と答えた人が簡易包装システムの整備によって「取り入れられる」に変わるとして採用レベルを求めている。固形廃棄物量削減効果を図 4.3 に例示するが、システム整備前に比べ約 3 割削減効果が認められる。ライフスタイルそのものの見直しも有効であるが、適切な地域システム整備は環境低負荷型ライフスタイルの促進を期待できることが分かる。

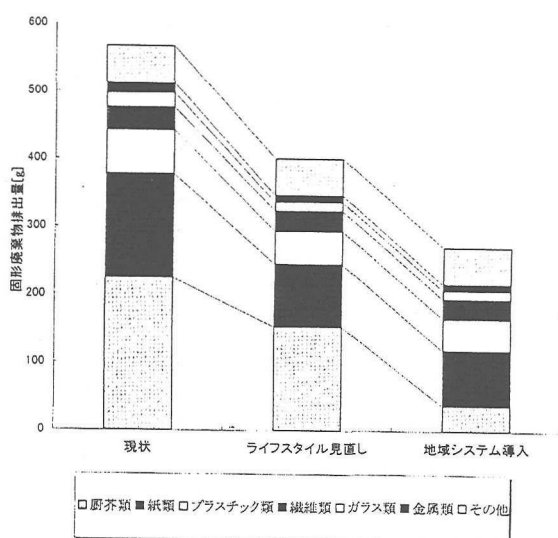


図 4.3 環境配慮行動による固形廃棄物削減効果

5. 終わりに

以上の考察から環境低負荷型地域のあり方に必要な3つの要素が示唆される。まず第1にハードウェアとしてコンポストや資源ごみリサイクルなどの“物の循環”が挙げられる。第2にはソフトウェアとして不要物交換システムや正しい環境負荷評価などのいわば“情報の循環”が必要である。第3はハードウェアとしてこれらを支えるライフスタイルや住民の意識などが必要で、これを“心の循環”と呼ぶことにする。これらの3つの循環すべてが、本調査・分析結果のような定量的評価とシステム分析に立って適切に構成されているようなコミュニティを将来の“エココミュニティ”として提言したい。

謝辞

本研究のアンケート調査に御協力頂きました精華町の皆様及び必要なデータ、資料を提供して下さいました奈良市企画総務課の辻井様、環境保全センターの高月教授、産業衛生工学講座の山川肇様、JSの方々に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 青柳みどりら：生活に関連した二酸化炭素削減対策の可能性の評価。環境科学会誌 5(4), 291～303pp (1992)
- (2) 高月紘：環境にやさしい暮らし～コスト比較試算。廃棄物学会誌 2-2, 143～148pp (1991)
- (3) 日本家政学会誌, (1990) 中学1年生家庭科資料集より再引用
- (4) ごみ問題市民会議：この店が環境にいい。 (1993)
- (5) 統計京都。 (1991.12)
- (6) 総務庁：家計調査年報。 (1990)
- (7) 環境庁リサイクル研究会編：リサイクル新時代。中央法規, (1991)
- (8) 中西準子・桜井健朗：紙の再生利用の評価。第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集, (1992)
- (9) 下郷さとみ編：地球と生きる55の方法。13pp, (1992)
- (10) 環境庁：大気汚染物質排出量総合調査。 (1990)
- (11) 通産省：紙・パルプ統計。 (1991)

- (12) 森口裕一・近藤美則・清水祐：我が国における部門別・起源別 CO2 排出量の推計．エネルギー資源学会第 8 回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集，225~230pp (1991)
- (13) (社)未踏科学技術協会・エコマテリアル研究会：LCA のすべて．工業調査会(1995)
- (14) 松藤敏彦・田中信寿・永谷かおり：ライフスタイルアセスメントにおける廃棄物処理の評価．廃棄物学会第 5 回研究発表会講演論文集，103-105pp (1994)
- (15) 大橋一夫・富川昌美：包装材料の環境影響評価．第 5 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、87~89pp (1994)
- (16) 寺園淳ら：PET ボトルのライフサイクルアセスメント．第 6 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、111~113pp (1995)
- (17) 安田八十五・福田俊吾：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、53~56pp (1995)
- (18) 日本生活協同組合：容器包装材の環境評価に関する中間報告．(1993)
- (19) 池田輝雄ら：ワンウェイ容器の廃棄物処理原価とリサイクルコストの比較．第 3 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、27~30pp (1992)
- (20) 竹内賢：自治体における環境問題への取り組み~平成 6 年度ゼミナール型研修報告書．東京都市町村職員研修所、(1994)
- (21) ジョン・シーモア+ハーバード・ジラード：地球に優しい生活術．TBS プリタニカ(1990)
- (22) 鹿毛剛：LCA(ライフサイクルアセスメント)を考える．第 4 回地球環境保全シンポジウムパネルディスカッション資料、(1995. 3)
- (23) 辻芳徳：アルミ缶からアルミ缶ができるとの説明の矛盾点の考察．第 3 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、39~42pp (1992)
- (24) 原田幸明：LCA はどのように取り組まれているか．科学技術庁金属技術研究所(1995.3)
- (25) 京都市清掃局：家庭ごみ細組成調査報告書．(1992. 3)
- (26) (財)地球・人間環境フォーラム：「生活に関連した地球環境問題解決への対応策」に関するアンケート調査結果報告書．(1991. 3)