

環境調和性と商品価値の総合評価

—醤油容器に試みたケーススタディー—

Evaluation for Environmentally Consciousness and Products' Value

— A Case Study of Soy Sauce Bottles —

中野加都子*, 三浦浩之**, 和田安彦**, ○村上真一***

Kazuko NAKANO*, Hiroyuki MIURA**, Yasuhiko WADA** and Shinichi MURAKAMI***

ABSTRACT; In order to select environmentally conscious products, LCA becomes more and more important instrument. On the other hand, we do not select the goods only based on environmental facts, but on convenience or design. In this paper, we tried comprehensive assessment of products that can evaluate the products from two point of views. One is environmental point, and the other is the value of goods. By the consequence of this comprehensive assessment, we suggest a method that can spread the products which are environmental friendly and convenient.

KEYWORDS ; LCA, Environmentally Conscious Products, Comprehensive Assessment, Products' Value

1. はじめに

製品が全ライフサイクルにおいて環境に与える影響を定量的、科学的に分析・評価する手法に LCA があり、ISO においてこの手法の規格化がはじめられてからは LCA を用いて製品の評価を行う家電、自動車メーカー等が増えている^{1) 2)}。LCA は製品等を環境面から評価する手法であり、環境調和型製品³⁾の優先的購入を行うグリーン購入への関心が高まっている現在、LCA による評価結果に基づいた環境ラベル等の表示が環境情報に基づいた製品選択の方法として期待されている。製品、特に容器類について環境負荷面のみから分析・評価する研究は、わが国でも LCA の導入以来活発に行われている^{4)~8)}。一方で消費者は環境負荷面の評価のみから製品を選択するわけではない。たとえば同様の機能を果たす複数の製品があった場合に、使いやすさ、デザイン等も製品選択の重要な評価基準となる。環境調和性以外の製品の持つ特性の評価には個人差があるため、高機能製品について環境調和性とそれ以外の製品特性を含めた客観的な総合評価を行うことは困難である。このため、環境調和性とそれ以外の製品特性の総合評価はあまり行われていない。しかし、容器類のような単純な日常大量消費財については環境調和性と人々の平均的な商品価値評価を総合化した評価を行い、その結果に基づいて消費者の消費に対する考え方を明確にし、環境調和型製品を普及させる要素を具体化できる。

本論文は、醤油容器のガラスびん（リターナブルの一升びん）と PET ボトルを対象に、LCA 手法を用いて環境負荷評価を行い、それに基づいて環境調和性評価を行った。また、消費者へのアンケート調査によって商品価値評価を行った。さらに、これらの総合評価を試み、環境調和型の消費行動を実行するための要素を具体化したものである。

* 関西大学工業技術研究所 Institute of Industrial Technology, Kansai Univ.

** 関西大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Kansai Univ.

*** 関西大学大学院工学研究科 Graduate school of Engineering, Kansai Univ.

2. 醤油容器の商品価値評価

本論文では客観的評価による環境調和性以外の製品の持つ特性を商品価値と定義した。また、商品価値は消費者の主観的な判断により左右されるものであるため、消費者が商品を購入する際に商品選択を決定づける評価を商品価値評価とし、醤油容器の商品価値評価項目を表-1に示す9つのカテゴリーに分類した。また、各カテゴリーをびん、PET ボトルのそれぞれの容器の特性を具体的に評価できるよう、同表に示すさらに細かい項目に分類した。ここで商品価値評価における環境特性は消費者が商品を購入する際の主観的、感覚的な環境特性への評価であり、LCA による客観的、科学的な評価とは異なる。

(1) アンケート調査の概要

醤油容器であるガラスびん（リターナブルの一升びん）、PET ボトルの消費者側からみた商品価値評価を試みるために、一般消費者 30 人を対象としたアンケート調査を行った。対象者は研究室の学生の母親であり、調査用紙を持ち帰らせ調査の趣旨を説明のうえ協力を求め、回収した。調査内容は①商品価値カテゴリーの重視度を知るために、最も重視するカテゴリーを 10 点とした場合の他のカテゴリーの重用度を点数づける、②カテゴリー内のそれぞれの具体的項目について、良いと思う方の容器を 10 点とした場合の他の容器の点数評価をする、の 2 点である。なお、経済性についてはメーカーに問い合わせた各容器入りの醤油の価格から、評価対象の価格比を割り出した。

(2) アンケート調査結果

図-1 は、アンケート調査で得られた結果からカテゴリーの重みが最も大きいものを 10 点として評点を求め（表-2）、その結果を図示したものである。これによると、消費者は商品価値のうち経済性を最も重視しており、次に使いやすさ、中身への影響を重視している。デザイン、材料特性（容器の割れにくさ）

表-1 商品価値評価のカテゴリーと項目

カテゴリー	項目
経済性	価格
デザイン	容器の品質の良さの感じ 見た目
材料特性	容器の強さ（割れにくさ）
空間占有	使用時の置きやすさ 大きさ（容量） 空き容器の保管しやすさ
使いやすさ	重さ 持ちやすさ 運搬しやすさ 買い物のしやすさ 移し替えの必要性の有無 調理時の扱いやすさ キャップの使いやすさ
中身への影響	中身のおいしさに与える感じ
習慣	慣れ
安全性	中身のみやすさ 開封後の賞味期間の長さ
環境特性 ⁺	環境に優しい感じ 空き容器の処理のしやすさ

*消費者の主観的、感覚的評価によるもの

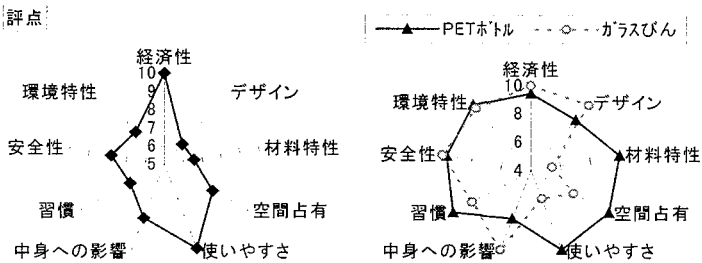


図-1 カテゴリーの重みの評点

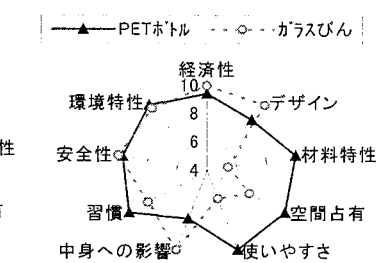


図-2 PETボトルとガラスびんのアンケート調査結果

表-2 各商品価値カテゴリーの評点

カテゴリー	点数											合計 得点	カテゴリー の重み ¹⁾	評点 ²⁾
	0点	1点	2点	3点	4点	5点	6点	7点	8点	9点	10点			
経済性	0	1	0	1	0	4	1	0	6	6	11	242	0.14	10.0
デザイン	2	1	2	4	2	4	2	6	6	1	0	156	0.09	6.4
材料特性	0	1	4	4	2	6	4	0	6	2	1	159	0.09	6.6
空間占有	0	0	2	4	1	2	4	7	5	2	3	191	0.11	7.9
使いやすさ	0	0	0	1	1	4	1	4	4	3	12	240	0.14	9.9
中身への影響	0	0	4	2	1	5	2	2	3	6	5	197	0.11	8.1
習慣	1	5	1	2	0	2	5	1	8	3	2	171	0.10	7.1
安全性	1	1	1	3	2	4	4	1	3	6	4	189	0.11	7.8
環境特性	0	0	1	8	2	3	3	3	5	1	4	177	0.10	7.3

1) 性能項目の重みの和が1となるように、合計得点により割り振った。
2) 1)の重みで、最も高いものを10点として各項目の重みのそれに対する比から求めた。

への重視度は低い評点となっている。

また、図-2 は良いと思う方の容器を 10 点として項目ごとの評価を行い、その結果からカテゴリごとの平均点を求めた結果をガラスびん、PET ボトルについて示したものである。これによると、使いやすさ、空間占有、材料特性、習慣では PET ボトルの方が消費者からの評価がかなり高く、中身への影響、デザインではガラスびんが高くなっている。その他のカテゴリでは両者に大きな差はない。環境特性であり差がつかなかったのは「環境にやさしい感じ」ではガラスびんの方が高い評価であるものの、空き容器の処理のしやすさで PET ボトルの方が評価が高く、この平均点ではあまり差がつかなかったからである。

(3) 商品価値評価

アンケート調査による商品価値評価のカテゴリは、さらに次のような 4 つの指標にまとめられる。

- ①感覚的：デザイン、中身への影響、環境特性
- ②生活環境による制約：空間占有、経済性
- ③物理的特性：材料特性、安全性
- ④使用特性：使いやすさ、習慣

ガラスびん、PET ボトルのそれぞれについて、(2)で求めた各容器の評価点数とカテゴリの重みの積の合計から①～④についての評点を求め、図-3 に示した。これによると、使用特性、物理的特性、生活環境による制約の指標では PET ボトルの方が優れており、感覚的の評価の指標ではガラスびんが優れている。

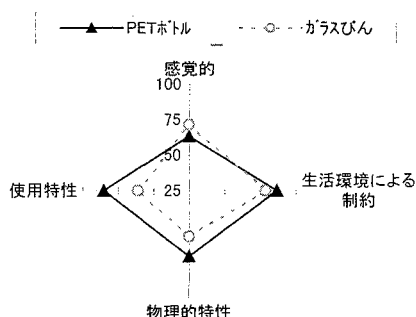


図-3 PETボトルとガラスびんの商品価値評価結果

3. 醤油容器の環境調和性評価

前章で示した商品価値評価結果において、商品の環境特性は消費者が主観的、感覚的に評価したものであり、実際の醤油容器であるガラスびんと PET ボトルの環境調和性を評価できていない。そこで、これら容器が全ライフサイクルにおいて環境に与える負荷から環境調和性を評価することとした。すなわち、環境負荷を LCA 手法によって分析し、その環境負荷値からインパクト評価手法を用いて推定した環境影響度の逆数から環境調和性得点を求め、環境調和性を評価した。

(1) LCA の前提条件

1) 機能単位

機能単位は、一般的な家庭 1 世帯当たりの年間の醤油消費に必要なだけの 2 つの容器（ガラスびん[一升びん]と PET ボトル）使用本数とした。年間の平均醤油消費量は 10 リットル/年であるため、一升びん（1.8 リットル入り）：6 本、PET ボトル（1 リットル入り）：10 本となる。また、一般的に醤油の一升びんは回収され平均 10 回繰り返し使用されていることから⁹⁾、ガラスびんはリターナブルであることとし、一升びんを 6 本使用することによる環境負荷を一升びんの全ライフサイクルの環境負荷の 6/10 で表した。ここでリターナブルで使用される一升びんは全く廃棄されることなく、繰り返し使用されることとする。PET ボトルは容器包装リサイクル法の施行によりリサイクルが可能となっているが、PET ボトルのみの分別収集を計画している市町村が平成 10 年度では約 1/3 と少ないことから¹⁰⁾、使用する 10 本がすべて焼却処理されることとした。

2) 考慮したライフサイクルの範囲と環境負荷項目

それぞれの容器で考慮するライフサイクルの範囲と考慮したプロセスを図-4 に示した。また、LCI において定量化を行う環境負荷項目はエネルギー消費量、CO₂排出量、NO_x排出量、SO_x排出量、固形廃棄物量である。ガラスびんをリターナブルで使用することによる環境負荷は、びん洗浄と水処理に必要なエネルギー消費関連の環境負荷項目で評価した。データは（社）食品需給研究センターが平成 8 年度に行った LCI

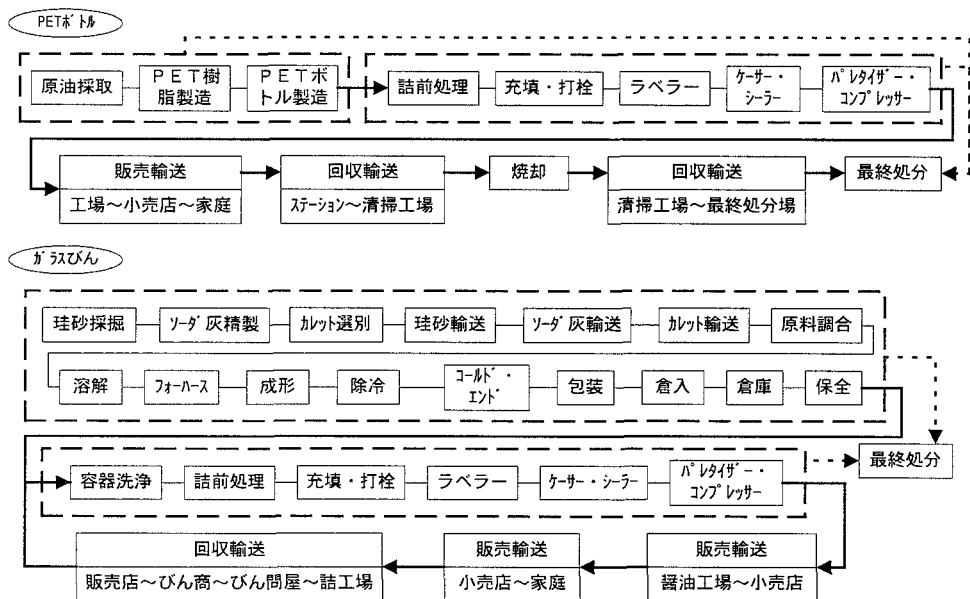


図-4 考慮したライフサイクルの範囲

調査研究結果⁹⁾を利用し、不足した最終処分、珪砂採掘、ソーダ灰精製、カレット選別プロセスのデータについては独自に行った調査結果を利用した。

3) 環境影響度評価方法

本論文では、LCI によって得られた各項目の環境負荷値を地球環境に与える影響の大きさとして表すために、これまでに行われてきたインパクト評価の方法を参考に表-3 に示す重み付け係数を用いて地球温暖化、酸性化、廃棄物、大気汚染の 4 つのカテゴリーに統合化した。ここで、大気汚染についてはわが国の環境基準値に基づいて重み付け係数を算出した。なお、環境基準では NO_2 、 SO_2 として定められており、排出された NO_x 、 SO_x のうち NO_2 、 SO_2 になる割合を特定できなかった。そのため、本論文では NO_x 、 SO_x のすべてが NO_2 、 SO_2 になると想定した。また、環境基準のうち NO_2 については基準値に幅があるため、最も厳しい値を採用し、重み付けを算出した。同様に酸性化についても NO_x 、 SO_x は NO_2 、 SO_2 とし、ライデン大学環境科学センターの方法を採用した重み付けを用いた。これらの方法によりそれぞれの項目毎に環境に与える環境影響度を推定して表した。

表-3 評価に用いた重み付けのための係数および指数（重み付け係数）

環境負荷項目	消費量、排出量	指数値	単位	係数算出方法
地球温暖化 ¹⁾	CO_2	1.0	1/ CO_2 の指数値	地球温暖化ポテンシャル；GWP ₁₀₀ 指標（ $\text{CO}_2=1$ ）
酸性化 ²⁾	SO_x	1.0	$(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}) / (\text{SO}_2 \cdot \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$	酸性化ポテンシャル；AP 値（ $\text{SO}_2=1$ ）
	NO_x	0.7		
廃棄物	固形廃棄物	1.0		
大気汚染 ³⁾	SO_x	1.0	SO_x の基準値/基準値	1/環境基準値（ $\text{SO}_x=1$ ）
	NO_x	1.39		

1) Intergovernmental Panel on Climate Change で検討されたもの。

2) R.Heijungs et al. (CML,TNO,B&G) (1992.5)：Handleiding voor Milieugerichte Levenscyclusanalyses van Producten, Derde door debeleleidingscommissie geacordeerde conceptversie.

ただし、硫酸酸化物（ SO_x ）は SO_2 、窒素酸化物（ NO_x ）は NO_2 として算出。

3) 硫酸酸化物（ SO_x ）は SO_2 、窒素酸化物（ NO_x ）は NO_2 として算出。

(2) LCA による評価結果

2 つの醤油容器の LCI の結果を図-5 に示した。固形廃棄物量以外のすべての項目で PET ボトルの方が環境負荷が多くなった。エネルギー消費量では PET ボトルはガラスびんの約 2 倍、 CO_2 排出量では約 1.4 倍、 NO_x 排出量では約 2 倍、 SO_x 排出量では約 2.7 倍である。この要因は、PET ボトルの容器製造段階（原料採取、精製、樹脂製造、容器製造プロセスを含む）の環境負荷が高いからであり、各項目とも全環境負荷

の約 8 割～9 割を占めている。ガラスびんでは詰・包装段階の環境負荷の占める割合が高いが、これは回収びんの洗浄プロセスでの環境負荷によるものである。

固形廃棄物は、容器製造段階では PET ボトルの場合は残さがあり、ガラスびんの場合はカレット回収・選別時のラベルくず等がある。詰・包装段階では PET ボトルの場合は破ボトル、糊函、ラベラ芯があり、ガラスびんの場合はラベルくずがある。この項目ではガラスびんの方が PET ボトルより約 1.5 倍環境負荷が高くなっている。これは、ガラスびんのカレット回収・選別時に出るラベルくず等によるものである。

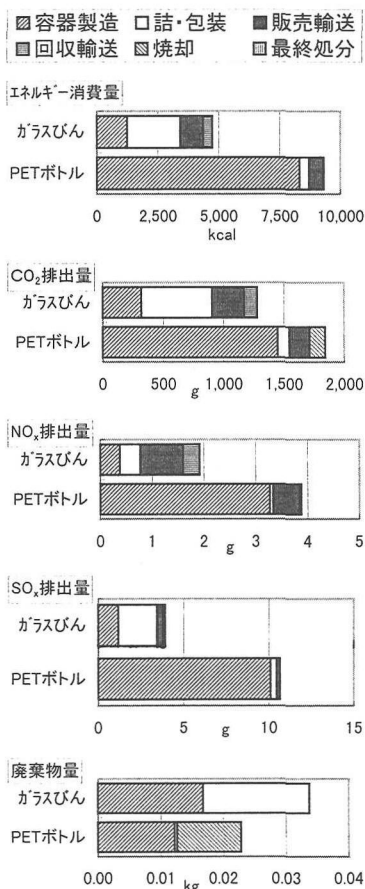


図-5 LCI の分析結果

また、4 つのカテゴリ

ーに統合化した環境影響度評価の結果は図-6 のとおりである。この結果でも廃棄物以外のすべてのカテゴリーにおいて PET ボトルの方が環境影響度が高くなっており、地球温暖化では約 1.4 倍、酸性化では約 2.5 倍、大気汚染では約 1.4 倍となっている。

(3) 環境調和性評価

図-7 は(2)の環境影響度評価で得られた数値の逆数を環境調和性得点とし、各カテゴリーごとにガラスびんを 100 として相対的に比較して図示したものである。この図では環境影響度というマイナスの評価を環境調和性というプラスの評価に転換させて表しているため得られた得点が高いほど、即ち図で外側に広がっているほど環境にやさしいということになる。これによると、地球温暖化、大気汚染、酸性化の 3 つのカテゴリーでガラスびんの方が環境調和性が高いが、廃棄物のみではガラスびんの方が低くなっている。廃棄物のカテゴリーでガラスびんの環境調和性が低いのは既に述べたようにカレット回収・選別時にラベルくず等の排出が多いことが要因となっている。

これらの結果から、環境調和性という面から評価した場合は概ねガラスびんの方が優れていることがわかる。

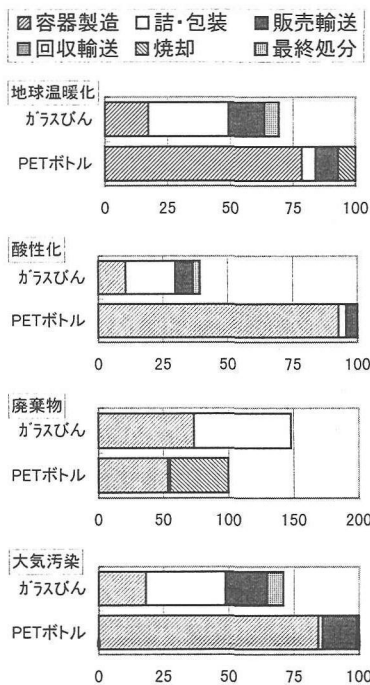


図-6 環境影響度評価結果

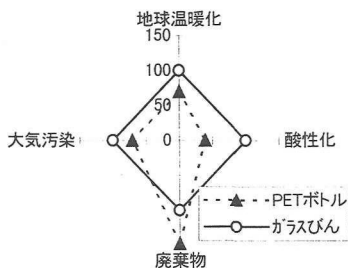


図-7 環境調和性評価結果

4. 環境調和性と商品価値の総合評価

(1) 総合評価の考え方

これまでに得られた環境調和性評価と商品価値評価の結果を見ると、醤油容器のガラスびんと PET ボトルの環境調和性では概ねガラスびんの方が優れ、消費者の商品価値評価では PET ボトルの方が優れている。この結果は、環境へのやさしさと使いやすさがトレードオフの関係にあるという、現代の我々に突きつけられている課題を示す結果となっている。最終的にどの容器を選択するかは個人の価値観、考え方によるが、可能な限り環境負荷が少なく、しかも使いやすい容器を普及させていくためには環境調和性の面で評価の低かった PET ボトル側では現段階よりできるだけ環境負荷を少なくするための具体的な改善策を講じ、商品価値評価の面で評価の低かったガラスびん側では現段階より選択される機会を増やすための具体策を講じる必要がある。

ここでは消費者のアンケート調査結果の主観的、感覚的な環境特性評価を LCA 評価結果による環境調和性への寄与度を考慮したものとし、さらに環境調和性と商品価値のどちらをどれだけ重要と考えるかによって重み付けを変化させ、環境調和性と商品価値の総合評価を行った。

(2) 評価方法

2.(2)で示したアンケート調査による主観的、感覚的な環境特性評価を含めた商品価値評価結果は図-8 のようになっている。これは、経済性、デザイン等の各カテゴリーについて、（商品価値のカテゴリー毎の重みの評点）と（各容器のカテゴリー毎の評価点数）で求められた積の合計をガラスびんを 100 として相対化したものである。

この商品価値評価における環境特性の評価は感覚的なものであるため、この項目について、3.(2)で明らかにした両容器の環境影響度評価結果における①地球温暖化項目の評価結果から得られた環境調和性の寄与度、②永田らによるカテゴリー重要度¹¹⁾を用いて環境影響度の4つのカテゴリーを統合化して得られた環境調和性の寄与度、を利用した総合評価を行い、環境調和性評価を科学的な根拠のあるものとした総合評価を行った。

①、②の方法で総合評価した結果を図-9(1)に示した。どちらの場合も環境調和性評価はガラスびんの方が高いため両者の総合評価の差は少なくなった。また、現状では消費者の環境調和性に対する重視度が低いいため、図-8 に示した感覚的な評価による総合評価結果と比べても逆転する結果とはならず、いずれも PET ボトルの評価が高くなった。

この結果から、消費者がどれぐらい環境調和性を環境特性として重視すればガラスびんの総合評価の方が高くなるのかを明確にするために、環境調和性評点を変化させてシミュレーションを行った。この結果、図-9(2)に示すように、環境

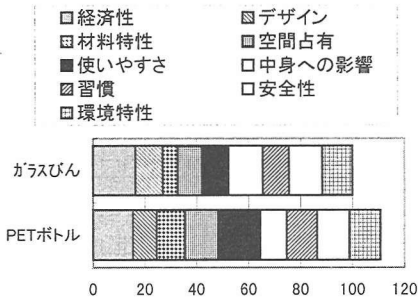


図-8 アンケート結果による総合評価結果

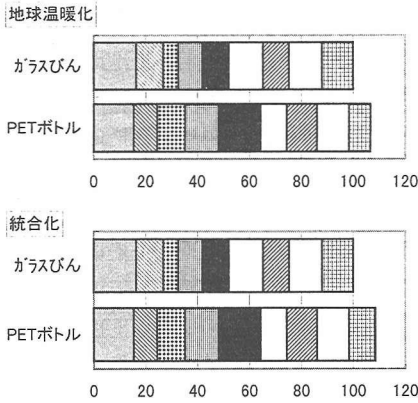


図-9(1) 環境調和性の寄与度を変えたときの総合評価

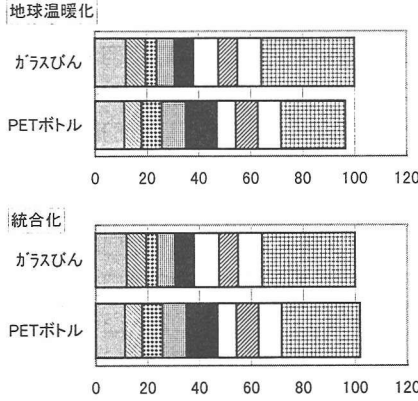


図-9(2) 評点を変えたときの総合評価

調和性評点を現状の 7.3 から 30.0、すなわち、消費者が現在のところ最も重視している経済性よりも環境調和性を環境特性として4倍以上重視したときにガラスびんの総合評価が PET ボトルを上回りだす結果となった。

これらのことから、環境調和性に関する科学的、客観的評価による情報を消費者に提供し、消費者の主観的商品価値評価に影響を与え、それによる商品選択を促すことが重要であると考えられる。

5. まとめ

醤油容器である PET ボトルとガラスびんを対象として消費者の主観的、感覚的な環境特性評価も含めた商品価値評価を行った結果、現状では PET ボトルの評価が高くなった。醤油容器において科学的、客観的評価による環境調和性の高いガラスびんの方を普及させるためには、消費者が現状で最も重要と意識している経済性より環境調和性を環境特性として重視するような情報提供が必要である。このように、今後は正しい環境情報を充実させることにより、環境調和性の面から製品を選択できるようにしていく必要がある。同時に正しい環境情報を提供できるよう、リサイクル、廃棄段階も含めた製品の全ライフサイクルで環境に与える影響をより簡易にかつ正確に分析、評価できる方法を確立していく必要がある。

参考文献

- 1) 小関康雄・丸橋文雄・宮寺博,全自動洗濯機のライフサイクルアセスメント,第2回エコバランス国際会議講演集,pp.275-278,1996.
- 2) 小林紀,自動車のLCA研究,第2回エコバランス国際会議講演集,pp.76-79,1996.
- 3) 山本良一,環境調和型製品・素材開発のすすめ,エネルギー・資源,Vol.15,No.5,1994.
- 4) (社)プラスチック処理促進協会,プラスチック製品の使用増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書,1993.
- 5) 日本生活協同組合連合会,容器包材の環境評価に関する中間報告,1993.
- 6) 包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析研究会・(株)野村総合研究所,包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析,1995.
- 7) 石川雅紀,包装廃棄物リサイクルの可能性,資源環境対策,Vol.31,No.9,1995.
- 8) 大川隆司,LCAソフトを使用したガラスびんの分析,第2回エコバランス国際会議講演集 pp.251-255,1996.
- 9) (社)食品需給研究センター,食品環境負荷評価システム開発事業調査報告書(醤油編),平成9年3月
- 10) 全国「分別収集促進計画」の解析(厚生省調査まとめより),月刊廃棄物,Vol.23,No.265,1997
- 11) 新エネルギー・産業技術総合開発機構,(財)地球環境産業技術研究機構・(社)化学工学会,化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査(Ⅲ)