

国際連合大学 副学長

安井 至

「社会的受容性獲得のための
情報伝達技術の開発」

研究期間：平成11年11月1日～平成17年3月31日

1. 研究実施の概要

市民社会における環境認識は、自らの健康と現時点における安全だけを優先した見方に偏りがちである。しかし、究極の環境問題では持続可能性を中心に議論すべきであり、この観点から言えば、省資源・省エネルギーに対し、社会全体がより本質的な理解をすべきである。

本研究の目的は、市民各自にどのような環境情報をどのような形式で与えることによって、省資源・省エネルギー的な理解が進むかを検討のターゲットとし、これを社会的受容性獲得を情報伝達技術として解釈し、具体的な対応戦略を明らかにすることである。すなわち、個々の市民が、環境をどのように把握し、どのような基準で行動を決定するかを解析すること、さらに、環境情報をどのような形式、順番、表現法で与えることによって意見が変化するか、などを検討している。

環境情報としては、省資源・省エネルギー的な情報と環境情報の両者を含むものとし、ライフサイクルアセスメント手法によって各種トレードオフを解析・表現したものとする。解析済みのトレードオフは、順次データベース化し公開する。リサイクルや健康リスクを含む場合などを対象に環境影響をより分かりやすく表現するインパクト手法などの解析も開発する。

平成12年度には、夏季に東京ビッグサイトで行われた「21世紀夢の化学展」に出展し、そこで、総数5000件におよぶ市民からの反応をパソコンを用いて採取することができた。詳細はまだ解析中であるが、男性女性の差など、いくつかの興味深い結果が得られている。さらに、数10名の市民と関係者を一堂に集め、ある特定の問題について議論を進めながら、個人の選択がどのように変化するかを明らかにする手法を開発中で、小学校における牛乳容器を対象として試行を行った。さらに、外国人を含め、主として学生を対象とし、どの程度環境に関する知識を有するか、地球環境と健康影響のいずれを重要と考えるか、それが知識量と相関をもっているか、などを明らかにする目的のアンケートを日英両バージョンで開発し、300名近くのアンケート結果を得た。ここでも、男性、女性間に若干差があるような結果が得られている。

平成13年度には、昨年度行った東京ビッグサイトにおける大規模アンケートのような大型のイベントを行うことは無かったが、アンケートの解析を行うことと平行し、小型のワークショップを開催、市民講座における聴講者の意見の変動の調査、アンケートの継続的な解析と結果のとりまとめを行うなど、次の情報伝達技術の開発に向けて、作業が継続された。また、インターネットによるアンケートの収集に向けた準備が行われた。

平成14年度には、New環境展などの展示会会場におけるアンケートを実施した。題材としては、省資源・省エネルギー的視点と健康リスクが相反するような事例を採用した。

すなわち、鉛フリーはんだによる鉛中毒の低減と他の金属資源の消費という相反事例、蛍光灯による水銀放散の健康リスクと省エネルギー効果の相反事例を用いた。その他、小型のワークショップを開催、高校生や市民講座における聴講者の意見の変動の調査、アンケートの継続的な解析と結果のとりまとめを行うなど、次の情報伝達技術の開発に向けて、作業が継続された。また、インターネットによるアンケートの収集に向けた準備と一部テストを開始した。

平成 15 年度には、トレードオフ関係を有する環境関連の事項を中心として、関連データの収集・主に LCA による解析、情報の整理、情報伝達ツールの作成、ならびに一般市民を対象とした情報伝達ツールの試用および意思決定過程の分析を行ってきた。

これまでの研究から、識者の中で重要と認識される情報と、一般市民が判断基準とする情報との間に存在する相違点が明らかとなった。また、この相違を乗り越えて、識者の伝えたい情報を一般市民に理解しやすく伝達する手法についての見識を得ることができた。

2. 研究構想

先端科学研究と環境研究とは、一つの点で全く異なっている。それは、研究の到達点に、「社会への適用」という項目が必須であるかどうかである。理論的に如何に優れた技術であっても、社会的受容性（＝パブリックアクセプタンス）の無い技術は、こと環境関連である限り、無用の長物でしかない。社会的受容性は、優れた情報伝達技術によって獲得すべき対象であるが、その技術開発的視点の研究はほとんど行われぬ。

現時点における市民社会の環境観は、「リスクゼロ」、「予防原則」であるが、21世紀の地球環境時代を、この環境観で乗り切ることができない。「リスクゼロ→トータルリスクミニマム→環境リスクパフォーマンス」へと変貌を誘導する必要がある。これが環境問題を研究するすべての研究者にとって、また、環境実務者にとって喫緊の課題である。

本研究は、トレードオフ関係の記述ができるライフサイクルアセスメント(LCA)を、市民社会でも使えるような環境評価ツールに変貌させることが、環境観を変化させる手法として必須と考え、この目的に適したLCAを開発し、その結果を様々な手法を駆使して市民への情報伝達を試み、同時に、マスコミからの情報を公開評価することにより、「社会的受容性」確立技術の開発を目指す。

今後は、これまで得られた見識の集大成として、作成した情報伝達ツールを改良し最終版を取りまとめるとともに、情報伝達に関する情報をデータベースとして公開し、後世の環境コミュニケーション研究の礎となることを期待している。

3. 研究成果

3. 1 安井グループ

3. 1. 1 トレードオフデータ作成のための LCA 分析

(1)研究内容及び成果

LCA を実施するための準備研究として、環境負荷原単位データベースの作成、時間消費法におけるインパクト係数の算出、感度分析およびモンテカルロ法の利用を行った。

<環境負荷原単位データベースの作成>

LCI データベースに関して得られた知見としては、積上げ方式では素材が中心であり、基本的にデータが不足しているため、産業連関表と比較して基本的に過小評価となりがちである。一方産業連関表方式では、仮定の相違、誤り等が散見されるが、すべてのデータが同じ仮定で処理されているためそれを発見しやすい、比較のための LCA であるなら相殺の効果が働くといった特徴があり、相違・誤りの例としては橋本原単位では固形廃棄物のうち汚泥が乾固重量でないようである、南斎原単位ではエネルギーに原子力発電が入れられていない、原田原単位では水質汚濁物質のサイトからのエンドパイプ値が他と違うことが多い、LCA-Support ではエネルギー単位が間違えているなどが挙げられる。そこで、原単位は複数参照して平均化し、結果への影響を加味することとした。

表1：積上げ方式（例：電力）

電力 積上	平均	N	標準偏差	上限値	下限値	電力環境研：B817:P59	文献	NIRE	ンベントリ発中研：C42 送電端	電中研：9b19 最大	電中研：9b19 最小	エコバランス国際エネルギー経済研究所：BA04 CA31-D3 発電端	送電端
エネルギー kcal/kWh	2.255	2	8	2.261	2.250	2.261	2.250						
CO2 (化石) g-CO2/kWh	397	14	91	547	238	447	417	410	408.9223	355.3	399.4246	249.1823	238.4 326.13572 340.7935
CO2 (バイオ) g-CO2/kWh	0												
SOx排出量 g-SO2/kWh	0.24	9	0.11	0.40	0.07	0.40	0.318	0.310	0.239961		0.17	0.09	0.07459
NOx排出量 g-NO2/kWh	0.34	8	0.38	1.24	0.11	0.42	0.252	0.23	1.244273		0.11	0.2	0.12342
BOD g/kWh	0												
COD g/kWh	0												
SS g/kWh	0												
t-N g/kWh	0												
t-P g/kWh	0												
発生廃棄物 g/kWh	0.79	1				0.795							
埋立廃棄物 g/kWh	0.03	2	0.03	0.05	0.00	0.050	0.003						
水 g/kWh	360,000	1								360000			

表2：産業連関表方式（例：電力）

電力 I/O	平均	N	標準偏差	上限値	下限値	森口・南斎 I-A (I-(I-M))A	橋本	NEC	原田	伊香賀：I-A フローのみ	ストック含	稲葉：8725 I-A (I-(I-M))A-M))A+資本
エネルギー kcal/kWh	1.687	6	213	1,952	1,347	1617.518	1596.451	1951.5637	1788.9708	1346.859	1818.812	1925.814
CO2 (化石) g-CO2/kWh	474	6	40	539	433	461.7622	455.3378	539.49856	433.05675	452.1972	504	533
CO2 (バイオ) g-CO2/kWh	2	1						1.903225				
SOx排出量 g-SO2/kWh	1	4	1	1	0			0.4045241	0.3807879	1.43	0.376	0.424
NOx排出量 g-NO2/kWh	1	4	0	1	1			0.6654267	1.1690819	0.60	0.592	0.673
BOD g/kWh	0	2	0	0	0				0.1738142	0.42		
COD g/kWh	0	2	0	0	0				0.1868207	0.24		
SS g/kWh	0	2	0	0	0				0.1225258	0.46		
t-N g/kWh	0	2	0	0	0				0.0439787	0.09		
t-P g/kWh	0	2	0	0	0				0.0026197	0.15		
発生廃棄物 g/kWh	66	1						66.059227				
埋立廃棄物 g/kWh	14	1						13.557682				

<時間消費法におけるインパクト係数の算出>

a. はじめに

「ライフサイクルにおける各種飲料容器の環境負荷評価」(別発表)のライフサイクルインベントリ分析(以下 LCI と略す)に対してライフサイクル影響評価(以下 LCIA と略す)を実施した。「時間消費法」を用いてインパクト重み付け係数を算出し、さらに時間消費法以外の手法を含めて LCIA を実施しすることで、LCIA の手法の違い等が容器間比較に与える影響を検討した。

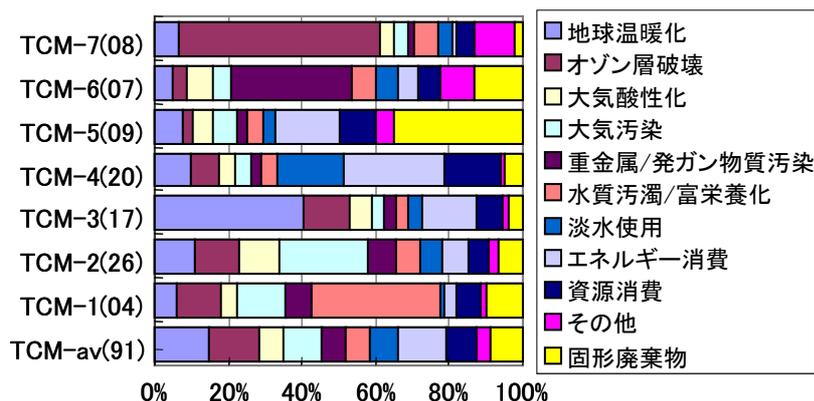


図1 各カテゴリごとの重み付け平均(括弧内は回答者数)

b. 時間消費法による LCIA 重み付け係数算出方法

「時間消費法」は、安井¹⁾が考案した手法で、環境負荷を時間の消費量として表現することによって異なった環境カテゴリ間の重み付けを決定する方法である。時間消費法は、いくつかの環境問題について、「現状がそのまま推移すると、何年後かにはなんらかの環境的な危機を迎える」と仮定し、その危機が来るとすれば、それは何年後に発生する可能性があるか(危機発生までの年数)、およびその危機は相対的にどの程度大きい(致命度)を、それぞれの環境カテゴリごとにアンケート調査することを通して算出する。

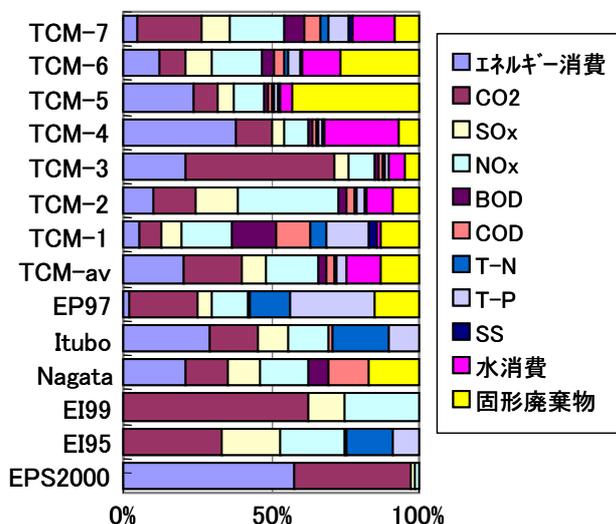


図2 各重み付け係数を用いた日本全体の環境負荷算出結果

c. 「時間消費法」による重み付け係数の算出結果

2001年6月11日～20日に、一般市民、LCAに関する研究会や工業会会員、環境やLCAに関する有識者、および大学生を対象にして、時間消費法によるLCIA重み付け係数算出の為のアンケートを実施した。回答数は合計で91件になった。回答をクラスタ分析することでいくつかの集団に分割し、各集団の重み付け平均を求めた結果を図1に示す（全体平均をTCM-avとし、各クラスタはTCM-1～7とする）。それぞれからLCIA重み付け係数を求め（淡水消費、固形廃棄物を含む11項目）、日本全体の環境負荷を算出した結果を図2に示す。なお、EPS2000、エコインディケータ95（以下、EI95と略す）および99（同、EI99）、早稲田大学の永田による方法（同、Nagata）、産業技術総合研究所の伊坪による方法（同、Itubo）、エコポイント97（同、EP97）についても、同様に日本全体の環境負荷を算出した。

d. 各種飲料容器のLCIA結果

「時間消費法」を用いて算出したLCIA重み付け係数（TCM-av）を各種容器のLCI結果に対して適用した結果を図3に示す。

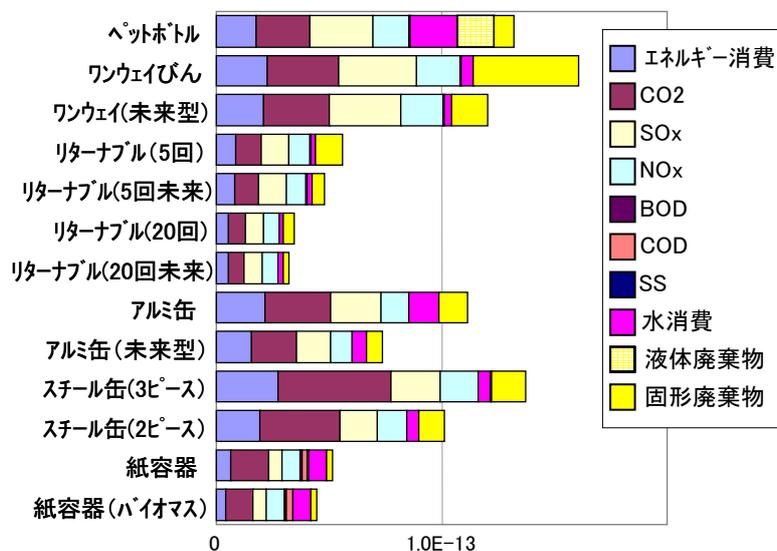


図3 500mlの各容器一本あたりのLCIA結果（TCM-avから算出）

さらに、TCM-1～7、および他手法のLCIA重み付け係数を用いて、同様にLCIAを算出したが、図3のTCM-avの場合と非常に強い相関を示した（相関係数：0.8～0.9）。LCIAへの影響が大きな固形廃棄物、エネルギー消費、二酸化炭素排出、硫黄酸化物排出、窒素酸化物排出の間に比較的強い相関が認められるためと考えられる。

e. 結論

複数の重み付け係数を「時間消費法」を用いて算出した。各種飲料容器の LCI に適用した結果、LCIA の重み付け係数の違い／曖昧さは、LCI の主要要素間の相関が強い本ケースの場合はあまり影響しなかった。

複数の重み付け係数を用いることで市民全体の環境意識を集約することは可能であり、また LCIA 実施に必要なデータや概念が比較的曖昧でも、「曖昧さをコントロールしつつ実用に耐えうる結果をだすことは現時点でも十分可能である」と考える。

f. 参考文献

- 1) 安井至、時間を基準とするインパクト分析法の提案と応用例—時間消費法—、第三回エコバランス国際会議講演集、未踏科学技術協会他、89 (1998)
[キーワード：容器間比較、時間消費法、ライフサイクル影響評価、重み付け、CREST]

また、これを利用したLCA分析を行った。分析結果を以下に示す。

<LCA 事例～手洗いと食器洗い乾燥機の比較>

まず計算で考慮している範囲を図1に示す。両者の主な違いは、食器洗い乾燥機の製造～廃棄プロセスの有無である。両者を比較するにあたっての注意点を以下に列記した。

- ・ 両者で食器の乾燥の有無、殺菌の効果の違い、仕上がりのきれいさなどの違いがあるが、これらを評価しない。
- ・ 手洗いの場合は人間の労力を必要とし、また食器洗いにかかる時間も異なるが、これらを評価しない。
- ・ 手洗いの場合は照明や空調が必要な場合があり、また食器洗い乾燥機の場合は台所スペースをいくらか消費しているが、これらを考慮しない。
- ・ 食器洗い乾燥機は、新機種ごとに性能が向上しているが、ここで示すのは2001年6月におけるスペックを用いている。
- ・ 両者共にすべてのプロセスは日本国内を想定している。
- ・ 手洗いは、人によってあるいは状況によってかなり大きく変動することが考えられるが、ここでは下記に示すモデルを想定し、4人分の食器を一回洗う場合で比較した。

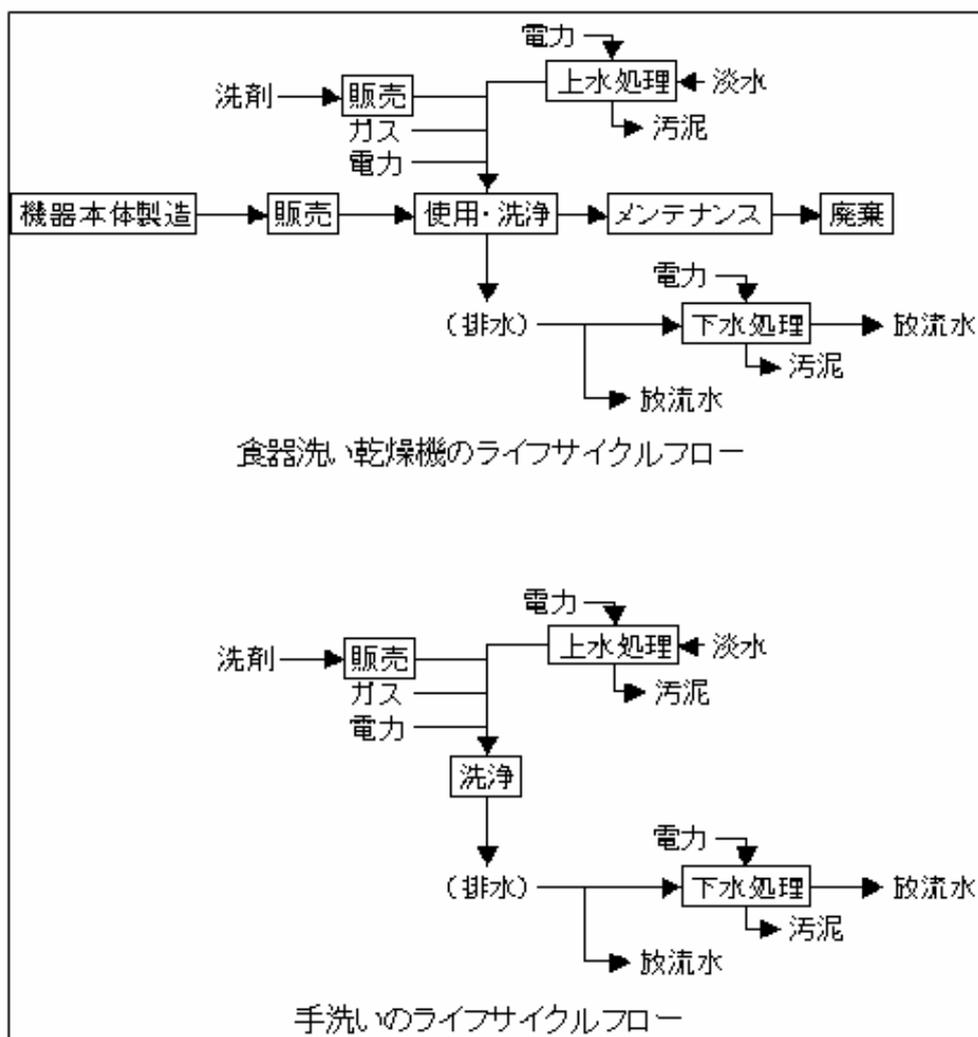


図1 手洗いと食器洗い乾燥機の考慮される範囲（ライフサイクルフロー）

ここで、食器洗い乾燥機の価格、スペック等は、今年6月に市場に出ていた表1の5製品の平均的仮想機械を想定して算出した（最大食器処理数は4人分と考えて、価格、スペックを調整）。仮想機械のスペックを表2に示す。また、LCAを算出するために用いた主な仮定を表3に示す。本事例は、食器洗い乾燥機の使用状況や手洗いのやり方によってかなり結果が異なってくる可能性があるため、あくまでモデルに従って計算した場合であることを念頭におく必要がある。

表1 考慮した食器洗い乾燥機の一覧

メーカー：機種	最大食器処理数	備考
S社：DW-S2000	5人分	
T社：DWS-32BX	5人分	
N社：NP-40SX1	6人分	
T社：EUD300	6人分	ガス併用
H社：JW-10C3	3人分	ガス併用

表2 平均的な仮想機械のスペック

	売値	食器 点数	処理 数	水使 用量	洗剤		電力	ガス		重量	ランニ ング費 用
スペ ック	55,71 2円	27点	4人 分	11.6L	4.4g	5.4 円	0.413 kWh	248k cal	2.9 円	13.9kg	21.0円

表3 算出に用いた主なモデル・仮定

手洗いの主な仮定		
4人分の食器（はし等も含めて40点）を一般家庭で手洗いする場合を想定する。食器洗いに下記の水道、ガス、洗剤を使用する。		
31.00	L	: 水道使用量
52.13	L	: 手洗いガス使用量（都市ガス13A）
7	ml	: 手洗い洗剤使用量
食器洗い乾燥機の主な仮定		
4人分の食器（はし等も含めて40点）を一般家庭で手洗いする場合を想定する。食器洗い乾燥機を使う前に、洗剤を使わずに水だけで予備的に洗浄する。食器洗いは年間365日×3回使用すると仮定する。寿命とメンテナンス費用は、かなり不確定要素が高いが環境負荷にはほとんど影響しない。		
5	L	: 食器洗い乾燥機を使う前洗浄に使用する水量
15,000	円	: 食器洗い乾燥機取り付け費用
10	年	: 食器洗い乾燥機の寿命
1095	回/年	: 食器洗い乾燥機の年間使用回数
30,000	円	: 食器洗い乾燥機のメンテナンス費用（3年に一回修理して一万円かかるとした場合）
5,000	円	: 食器洗い乾燥機の廃棄費用

手洗いのモデルで示した水道使用量とガス使用量が大きく影響していることがわかる。

まず、両者を LCA 比較した結果の内訳を図 2 に示す。上が食器洗い乾燥機の内訳、下が手洗いの内訳である。食器洗い乾燥機の場合は、電力がほぼ半分を占めており、手洗いはガス消費と上水からの淡水消費が大きいことがわかる。

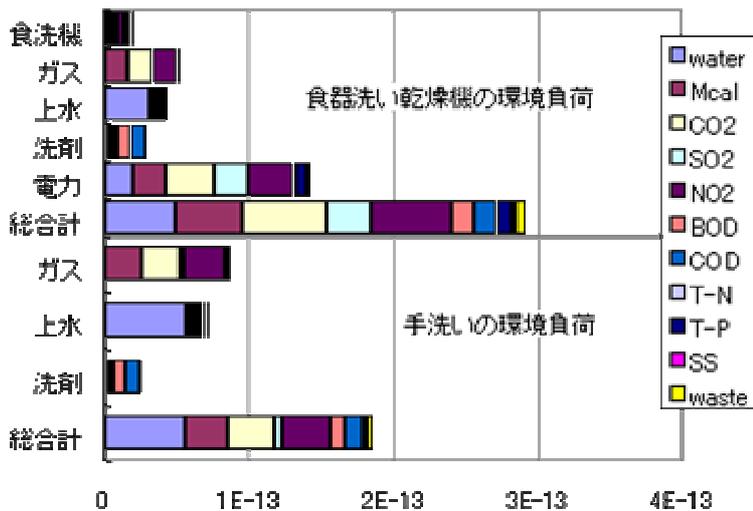


図 2：食器洗い乾燥機（全平均）および手洗い LCIA の内訳

食器洗い乾燥機は、メーカーや方式によって結果が大きく異なる。ご参考までに、各社の標準モードで算出した LCA 結果を図 3 に示す。一番負荷が小さい E 製品でも手洗いと同程度であることがわかる。各社の標準モードは、乾燥機能の有無、温度の高低、洗浄の度合いなどが異なるので一概に比較することはできないが、機種や使い方によって、これだけ差がでる可能性があるといったことは理解できると考えられる。食器洗い乾燥機の「平均的な仮想機械」スペック（表 2 参照）を固定したのはそういった理由からである。

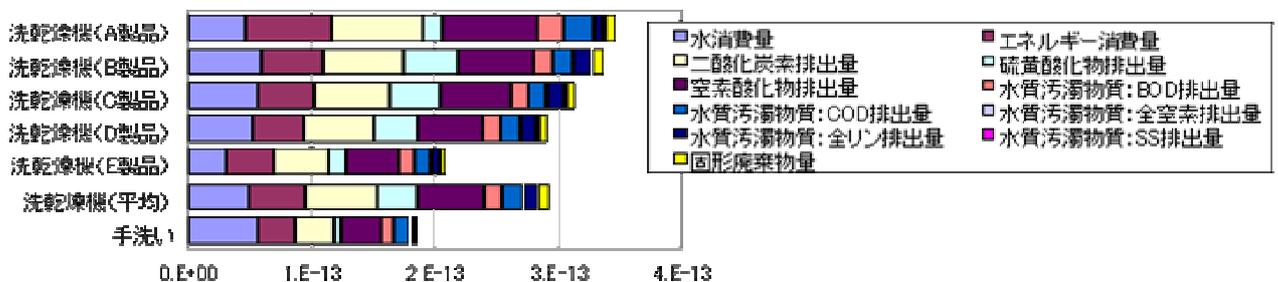


図 3：食器洗い乾燥機メーカーごとの LCIA 結果比較

ちなみに、E 社の製品について環境負荷の内訳を見てみると、手洗いのほうが淡水消費が多いものの、それ以外の項目はすべて食器洗い乾燥機が悪いことがわかる。お湯の再利用などを通して電力、ガスの消費を抑える設計が望まれる。

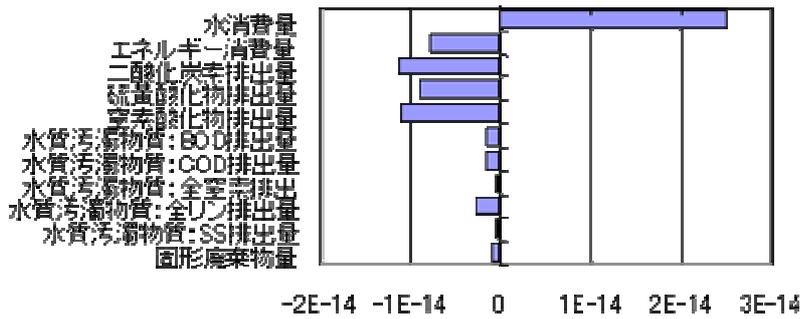


図 4：(手洗い LCIA) - (E 社食器洗い乾燥機 LCIA)

今回の LCA を実施するにあたって、どのデータが重要かを調べた結果を表 4 に示す。

表 4 LCA 結果に対して影響が大きなデータ一覧 (抜粋)

(LCA 結果とは食器洗い乾燥機のインパクト統合値から手洗いのインパクト統合値を引いた値とする)

順位	要素値	単位	要素名称	感度	ばらつき 影響度	影響度割合	
						割合	累計
1	31	L	:手洗い水道使用量(推定モデル)	-1.54	153.96	16.00	16.00
2	52	L	:手洗いガス使用量(推定モデル)	-1.47	147.34	15.31	31.31
3	0.412	kWh	:食器洗い乾燥機:消費電力量(仮想機)	1.42	142.09	14.77	46.08
4	124	円/m3	:ガス代:日本電気工業会標準	-0.48	48.04	4.99	51.08
5	2.864	円	:食器洗い乾燥機:ガス消費量(仮想機)	0.37	37.06	3.85	54.93
6	129	g-C/kWh	:電力産業連関方式平均:CO2(化石)排出量	0.32	31.79	3.30	58.23
7	0.75	g-NO2/kWh	:電力産業連関方式平均:NOx排出量	0.28	28.04	2.91	61.15
8	5	L	:食器洗い乾燥機を使う前洗浄に使用する水量	0.25	24.83	2.58	63.73
9	1.70E-13	/kg	:インパクト係数:二酸化炭素排出量	0.25	24.58	2.56	66.28
10	9.10E-11	/kg	:インパクト係数:硫酸化物排出量	0.24	24.45	2.54	68.82
12	0.65	g-SO2/kWh	:電力産業連関方式平均:SOx排出量	0.23	23.20	2.41	73.69
14	9.41E-11	/kg	:インパクト係数:窒素酸化物排出量	0.22	22.48	2.34	78.37
15	1095	回/年	:食器洗い乾燥機の年間使用回数	-0.17	16.65	1.73	80.10
19	7	ml	:手洗い洗剤使用量(推定モデル)	-0.12	11.70	1.22	85.61
20	10	年	:食器洗い乾燥機の寿命	-0.17	9.99	1.04	86.65
21	11.6	L	:食器洗い乾燥機:水消費量(仮想機)	0.26	9.98	1.04	87.68
28	55712	円	:食器洗い乾燥機の費用(仮想機)	0.10	4.91	0.51	92.28
30	11000	kcal/m3	:都市ガス13A	-0.20	4.02	0.42	93.17
33	30000	円	:食器洗い乾燥機のメンテナンス費用(3年に一回一万円)	0.03	3.49	0.36	94.29
.			.				.
.			.				.
.			.				.
						計	100

以上から算出した LCA の結果を図 4 に示す。水の消費を除くすべての環境負荷項目について、手洗いが食器洗い乾燥機よりも良いとの結果になった（従ってインパクトの重み付け係数の違いは今回もほとんど影響しない）。また環境負荷の総合計は、手洗いが食器洗い乾燥機の約 6 割であることが分かった。食器洗い乾燥機は、手洗いに比べて水の消費量がすくないことが特徴であるが、食器洗い乾燥機を使う段階で消費する電力の発電工程で水を使うため、相対的に優位性がなくなっている。図 2 の結果の有意性を調べた結果（モンテカルロ法を利用してデータが倍半分の曖昧さをもつと仮定）、現状のデータ品質レベルでは結果が逆転する可能性（すなわち、食器洗い乾燥機の方が手洗いよりも環境負荷が小さくなる可能性）は、一割程度である。ちなみに、仮に手洗いで使用する水の量が 1.6 倍になったと仮定した結果を図に示す（手洗いの水消費量が設定値よりも 1.7 倍以上だと、結果が逆転することを意味する）。

また、食器洗い乾燥機については、

- ・ 今回の算出は、食器洗い乾燥機が 4 人分の食器で満杯になるとして計算している。もし食器が容量の半分しか入っていれば、環境負荷は相対的に約二倍になる。食器洗い乾燥機を使う場合は、出来るだけ食器を溜めてから使用することが望まれる。
- ・ 今回は、電力のみを使用するタイプと電力とガスを使用するタイプを平均した仮想機種を対象とした。食器洗い乾燥機に使用するガスと電力の環境負荷を比較すると、ガスの方が電力より小さくなる（ガスをそのまま熱に変換して使用する方が、熱を電力に変換し、それをまた熱に変換するよりも効率が良いため）。今後、食器洗い乾燥機を購入するのであれば、ガス利用タイプがより望ましい。
- ・ 食器洗いの性能（水使用量等）が継続的に向上していることから、今回の結果は今後開発される食器洗い乾燥機について通用しないと考えられる（電力消費を削減することを設計目標とすることが望ましい）。

手洗いについては、

- ・ 図 5 と図 6 を比較すれば自明だが、水の使用が最も大きな影響を与えており、水の消費量と全体の環境負荷量はほぼ比例関係にある。手洗いの際に水を節約することが最も重要である。
- ・ ガスの消費が全体の約 1/2 を占めている。温水の使用停止期間を延ばすこと、温水を使うときには設定温度を下げることなどで環境負荷を下げる事が出来る。
- ・ 洗剤の影響は全体の 1/7 を占めている。使いすぎを注意するなど環境負荷を下げる事が出来る。

などの検討結果も得られた。

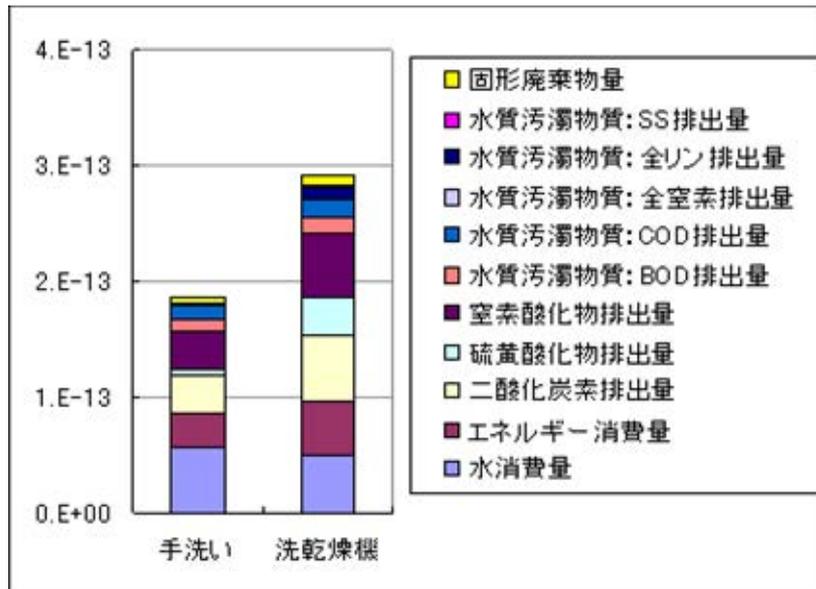


図5 手洗いと食器洗い乾燥機のLCA比較結果（4人分の食器を一回洗う場合）
 （数字が多いほうが環境に悪い：単位＝日本全体の一年間の環境負荷）

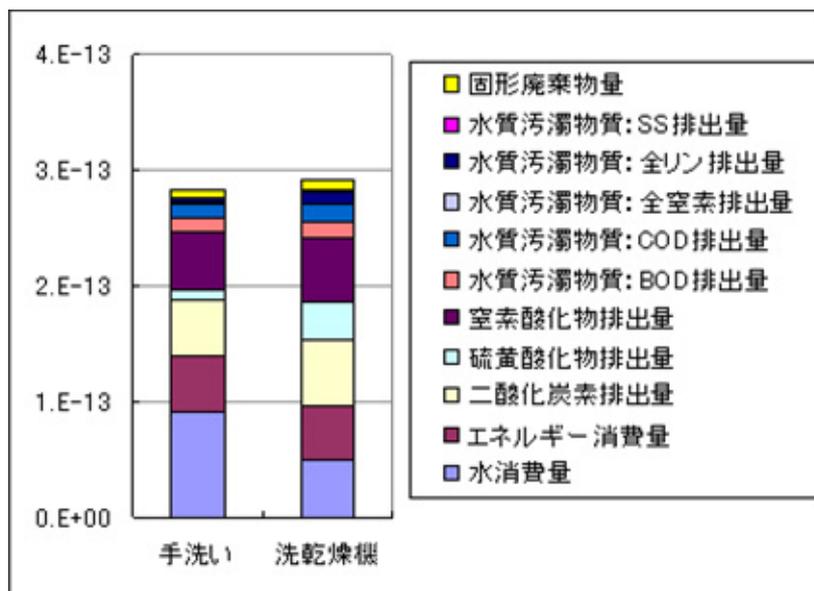


図6 手洗い水量を設定の1.6倍と仮定した時のLCA結果（図5参照）

結論：

「食器洗い乾燥機」と「食器の手洗い」を環境の観点から比較してみた。両者は仕上がりのきれいさなどの点異なるため、そもそも比較するのはおかしいとの考え方もあるが、あえて環境負荷の観点だけで比較すると以下のようにまとめることができる。

- ・ 「食器洗い乾燥機、手洗いのモデルを表2、表3のように仮定すれば、食器洗い乾燥機よりも手洗いの方が環境によい」ことがわかった。（日本国内限定）
- ・ 用いたデータのばらつきが倍半分程度以下であれば、上記結論が間違いである可能性

は1割程度と考えられる。

- ・ 食器洗い乾燥機は、新機種ごとに性能が向上しているため、将来的には手洗いより食器洗い乾燥機の方がよくなる可能性がある。

<LCA 事例～紙オムツと布オムツの比較>

まず計算で考慮している範囲を図1に示す。暫定結果との違いなど注意点を列記した。

- ・ 紙オムツを消費者が家庭まで輸送する段階を追加した（黄色の部分）。紙オムツはかさばるため考慮すべきかどうか判断がつかなかったが、調査の結果、考慮が望ましいと考えた。ただ今回はガソリン消費しか考慮していないため、自動車本体や社会インフラ等を考慮すれば数倍の環境負荷を見込む必要がある。
- ・ 布オムツの洗濯に温水を使うとすればガスに関するプロセスを追加する必要がある。ただ今回の調査から温水使用割合が小さく、また食器洗いのLCAからガス消費の割合を概算すると全体に与える影響が小さいため暫定の場合と同様に割愛した。

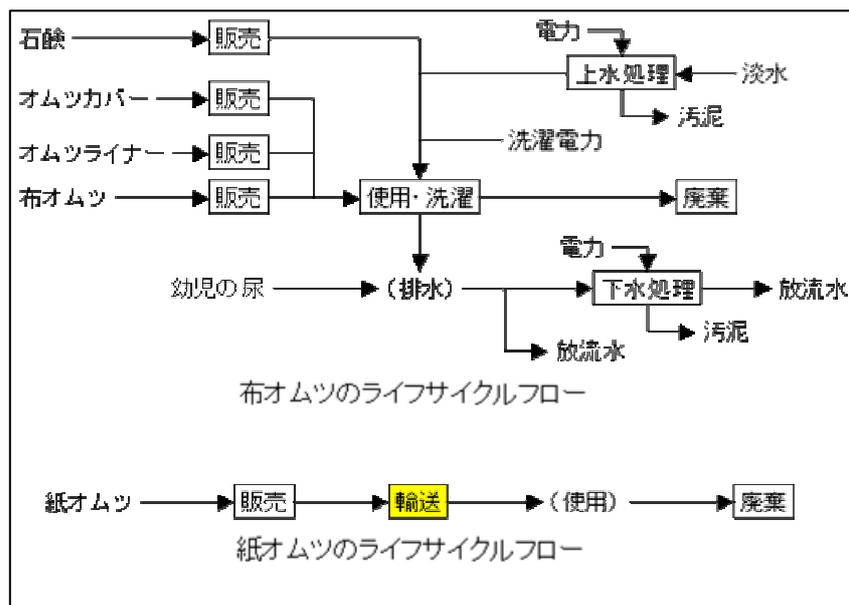


図1 布オムツと紙オムツの考えている範囲（ライフサイクルフロー）

次に、暫定結果を算出するために使用したデータの変更点を表1に示す。結果的に、おむね布オムツに有利に、紙オムツに不利に変更することになった。

表1 LCA算出に使った主なデータの変更

(上にあるほど重要：番号が飛んでいるのは関係ないものを飛ばしているため)

順位	要素値	単位	要素名称	変更値	変更理由、コメント等
1	20	枚/回	: 布オムツを洗濯するときの一回あたりの枚数	33枚相当/回	布オムツと同時に洗う他の洗濯物を考慮したため大幅増加：計算式も変更
2	23	円/枚	: 紙おむつ値段	26円/枚	地域によって価格差が大きい：影響が大きいのでもうちょっとちゃんと調べる必要があるかも。
5	100	L/回	: 洗濯時の水使用量	123L/回	4年前の洗濯機（11機種）のカタログ値から
7	2	枚/回	: 布オムツ一回あたりの使用枚数平均	(変更無)	→No.10
8	5.47	回/日	: 紙おむつの平均交換回数	6.18回/日	皆さんの回答と文献値が違うために悩みました：交換回数に経年変化があるらしいことが分かったため、皆さんの回答を採用：図2参照
10	9.74	回/日	: 布オムツの平均交換回数	(変更無)	本当はNo.7とあわせた交換枚数が必要だが、データ数が足りなかったため文献値を採用：図3参照
11	0.1	-	: 乾燥機を使う割合	(変更無)	データ数が足りないため変更無し
23	1,500	円/枚	: オムツカバーの値段	1000円/枚	LCAへの影響は小さいが、コストへの影響が大きい
24	28	L/回	: 洗濯前の予備洗浄の水量	1L/枚	データと共に、計算式も変更
32	50	枚	: 布オムツ枚数	(変更無)	調査値とほぼ同じ値であるため
39	15	枚	: オムツカバー枚数	(変更無)	調査値とほぼ同じ値であるため
41	200	円/枚	: 布オムツ値段	100円/枚	大幅ダウン
48	10	円/回	: 洗剤費用	7.3円/回	調査値
52	4	円/枚	: オムツライナー値段	(変更無)	
53	0.3	-	: オムツライナー使用割合(未使用、再使用を考慮)	0.5	調査値
-			: 紙オムツを消費者が買うときに消費するガソリン消費量	3cc/枚	今回追加
-			: ガソリン価格	100円/L	今回追加

データの再検討で特に注目したのがオムツの交換回数である。文献でも値がかなりばらついていたが、検討していくうちに、紙オムツについては経年変化があるらしいことが分かった。図2に紙オムツの使用枚数の変化を西暦でプロットしたものを示す。1990年当時の紙オムツは一枚あたり20円～61円だったようであるため、今より少し高かったことが寄与しているのであろうか。

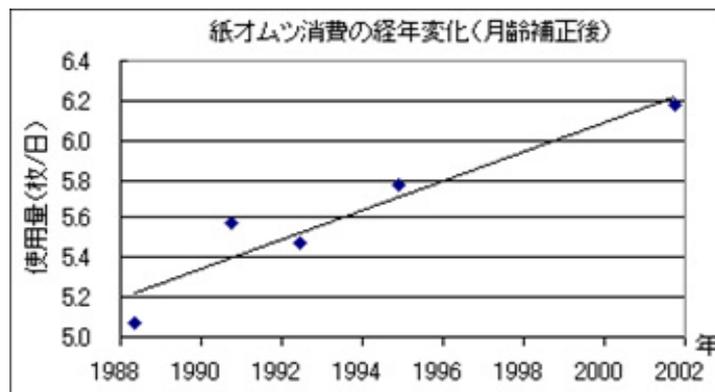


図2 23ヶ月までの紙オムツの使用量平均の経年変化(4つの文献から推測)

布オムツは、一枚重ねの人は交換回数が多く、二枚重ねの人は交換回数が少ない傾向にある。交換回数ではなく、交換した枚数で計算しないといけないことになる。今回の調査で、交換した枚数の平均値をプロットしたのが下の図3である。紙オムツのように月齢に強く依存しない傾向はあるがデータ数も少ないのではっきりとしたことは言えない。ただ、経年変動や月齢変動が小さいことが期待できるため、文献データをそのまま使ってよいのではないかとの感触を得た。

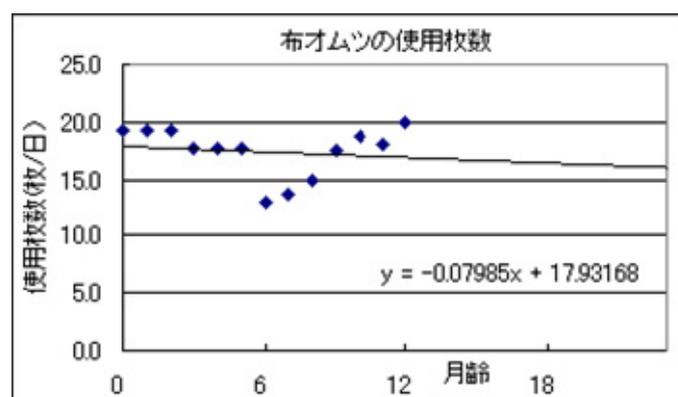


図3 布オムツの月齢別の使用枚数(調査結果から)

以上の変更を加えてLCAを再計算したものを図4に示す。暫定結果の図1と比較すると、結果が逆転しているように見える。ただ、この程度の差しかない場合は、どちらにしても誤差範囲内と考えられ、「紙オムツと布オムツの環境負荷は**どちらが良いとははっきりい**

えない」というのが LCA の結論となる。

また、布オムツについては、

- 環境負荷が多きい要素は、紙オムツとくらべて「オムツの洗浄に必要な水消費」と、「乳児の尿の窒素分排出」だけである。従来のオムツの検討ではこの点が考慮されていなかったため、紙オムツのほうが環境負荷が大きいとされるケースがあった。
- オムツの洗浄は、淡水消費だけでなく、上水製造・下水処理などを伴うため、その影響は全体の約 5 割を占めている。「風呂水を再利用する」、「洗濯機を使うときには、なるべく多くの洗濯物を一緒に洗う」などの工夫で、布オムツの環境負荷を大きく削減することが可能になる。
- 家庭の雑排水を側溝などに排水している地域では、予備洗浄の排水（尿）をし尿処理へ回すだけで、約一割の環境負荷削減になる。
- 布オムツの環境負荷の約二割が、オムツカバーおよびオムツの製造販売から発生している。したがって、例えばもう一回再利用するだけで環境負荷が約一割減少する。
- 布オムツを乾燥機をつかって乾燥させると、環境負荷が著しく増大する（すべて乾燥機を使うと、全環境負荷が約三割増大）。欧米などで実施されたオムツの LCA 事例で布オムツの方が環境負荷が大きいと評価されているが、乾燥や温水を使った洗濯が大きな影響を与えている。

紙オムツについては、

- 紙オムツの環境負荷は、主にオムツ製造・販売で発生している。
- 紙オムツに関しては、消費者側で工夫できる余地が少ない。

などの検討結果も得られた。また蛇足であるが、環境負荷の重み付けの違いは紙オムツ/布オムツのインパクト総合計比にはあまり影響しなかった（淡水消費を除けば、インベントリの段階で各環境負荷項目間に比較的つよい相関があるため：容器間比較のケースと同じ）。

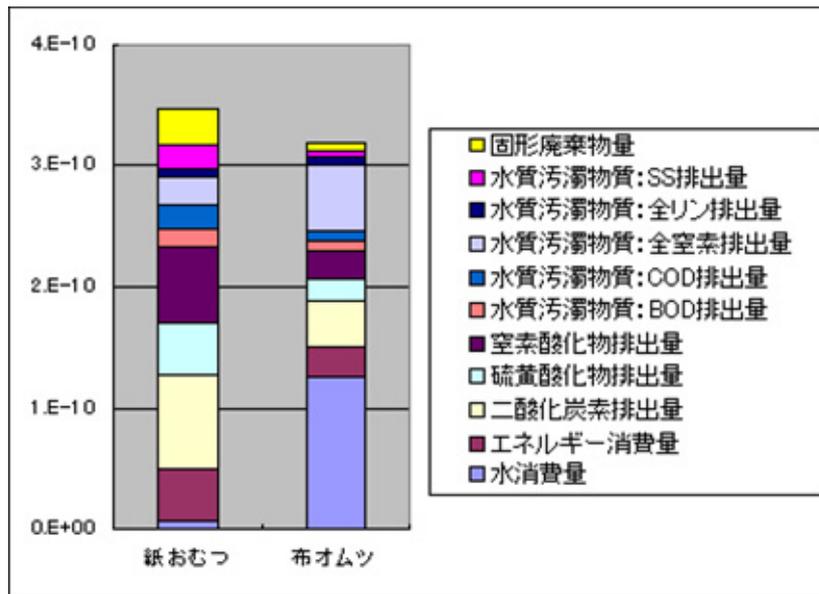


図4 紙オムツと布オムツのLCA比較結果 (23ヶ月までの合計)
 (数字が多いほうが環境に悪い：単位＝日本全体の一年間の環境負荷)

さらに費用 (LCC) についても算出した。図5に布オムツと紙オムツのコスト比較をした結果を示す。暫定結果よりも布オムツで約2万円減少し、紙オムツで約2万円増加した。紙オムツが布オムツの倍もあるが、オムツやオムツカバーをリサイクルするならば、その差はさらに広がる (リサイクルの効果は環境負荷よりもコストに大きく影響)。

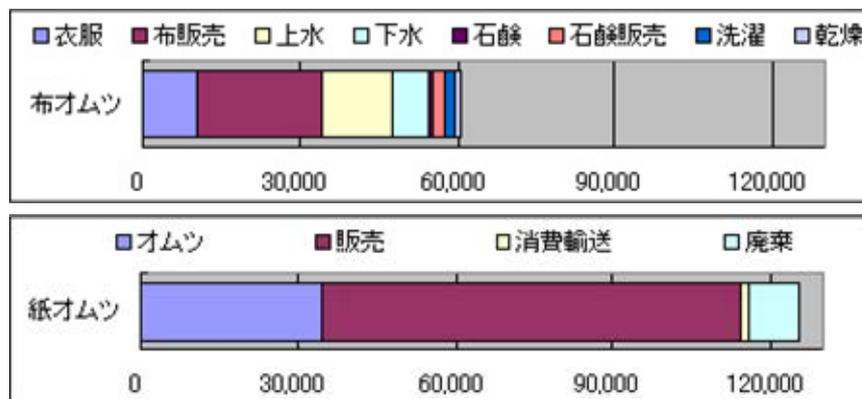


図5 布オムツと紙オムツのライフサイクルコスト比較
 (23ヶ月までの合計：単位＝円)

<LCA 事例～無洗米と普通米のLCA>

a. はじめに

本 LCA の目的は、科学技術振興事業団、戦略的基礎研究推進事業「社会的受容性獲得のための情報伝達技術の開発」における意識調査の基礎的データ収集のためであり、「無洗米は普通米よりも環境負荷が小さい」との LCI データを示すことに用いる。

インベントリ分析は、積上げ方式および産業連関方式のそれぞれ複数の原単位を収集し、相補的に比較検討して用いた。インパクト評価は、不確実性分析を実施することなどを目的とし、複数の重み付け係数の平均値を用いて実施した。不確実性分析は、感度分析法¹⁾とモンテカルロ法¹⁾を用いて実施した。感度分析は、インベントリ分析、インパクト分析を実施するうえで、注目すべきデータあるいは仮定を抽出することを目的とした。モンテカルロ法は、LCA 結果を比較し、データや仮定の曖昧さが LCA の結論を導くためにどの程度曖昧さを与えるかについて検討することを目的とした。

b. 結果と考察

図1、図2に無洗米と普通米のそれぞれのプロセスフローを示す。以下は、図のハッチング部分に着目したメインシナリオについて述べる（無洗米が若干不利）。

インベントリ結果：主要な LCI 項目で、無洗米の方が普通米にくらべて消費量/排出量が小さかった。産業連関方式と積上げ方式で最も大きく異なる点は、下水道に関する項目だった。産業連関方式のインベントリ結果では、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量および、固形廃棄物の約9割が下水道処理から排出されている。インパクト結果：結果を図3に示す。普通米の場合は、積上げ方式では淡水、BOD、COD の影響が大きいのが、産業連関方式ではこれらにくわえて CO₂、SO_x 等の影響が大きいことがわかる。なお、これらの結果は、普通米のとぎ汁の家庭内処理（庭に撒く等）の割合が18%程度（全国平均推定値：市場調査結果）の場合であり、仮に全量を家庭内処理する場合は、無洗米よりも普通米の方が環境負荷が小さくなることを確認している。

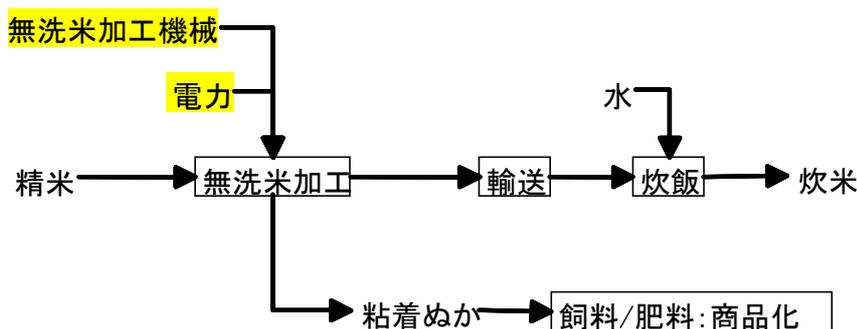


図1 無洗米のフロー図

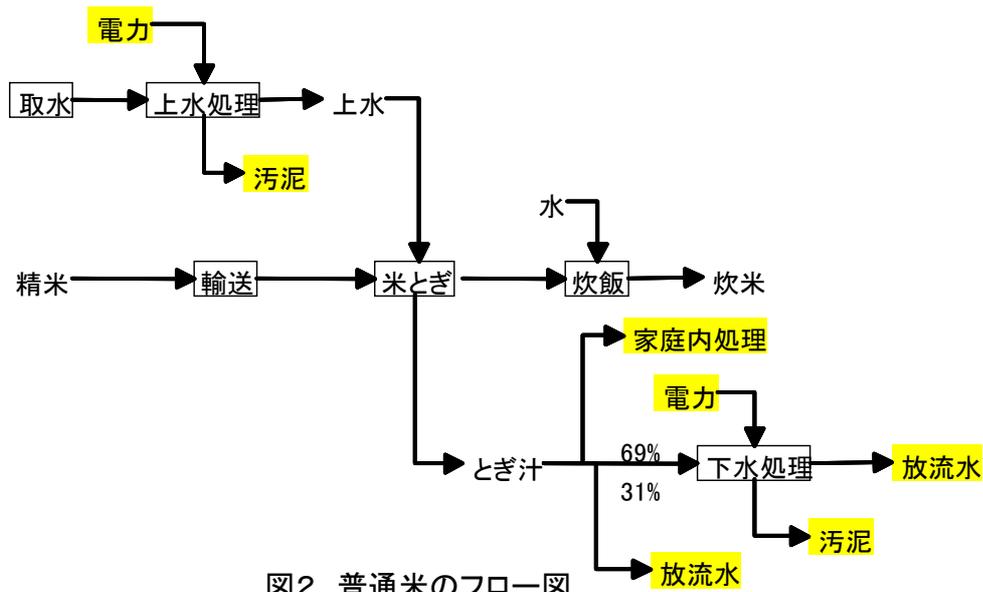


図2 普通米のフロー図

積上げ方式、産業連関方式の両方式で普通米と無洗米の LCIA 結果の差をそれぞれ求め、これらを便宜的に加算した値に対して感度分析を実施した結果を表1に示す。「ばらつき影響度」は、(感度の絶対値)と(データのばらつき：S値：上限値と要素値の差、下限値と要素値の差のどちらか大きい値)の積とした。今回のLCAには約235個のデータを用いたが、結果のばらつきの約8割が、47個(全体の2割)の寄与度の大きなデータから発生していることがわかる。

表1 無洗米と普通米のLCA結果に対する不確実性分析結果抜粋

順位	要素値	単位	要素名称	要素 上限値	要素 下限値	S値 (%)	感度*	ばらつき 影響度	ばらつき影響度の寄与度 割合(%) 累積割合(%)	
1	1.0	-	:インパクト係数平均(1:算術平均、0:対数平均)	1.0	0.0	100	-5.09	509.32	22.69	22.69
2	10.8	g/回	:BOD(松重ら)	200		200	0.91	181.36	8.08	30.76
3	0.0	-	:米とぎ汁の計算データ出展(1:T社、0:松重ら)	1.0	0.0	100	0.80	80.29	3.58	34.34
4	210	mg/L	:下水道処理場への流入BOD平均	600	100	185	-0.42	77.80	3.47	37.81
5	1.8E-15	/kg	:インパクト係数:水消費量	200		200	0.32	64.85	2.89	40.70
6	1.0	-	:インパクト係数(EPS2000)の重み付け	1.0	0.0	100	-0.59	58.75	2.62	43.31
7	1.22E-06	/kg	:安井:インパクト重み付け係数:水消費量	200		200	0.26	52.98	2.36	45.67
8	0.020	kWh/kg	:精米1kgあたりの無洗米加工に必要な電力量	0.100	0.005	400	-0.11	45.48	2.03	47.70
9	1.9E-12	/kg	:インパクト係数:水質汚濁物質:BOD排出量	200		200	0.21	42.74	1.90	49.60
10	1.0	-	:インパクト係数(永田)の重み付け	1.0	0.0	100	0.40	39.59	1.76	51.37
11	2.1	g/L	:COD:とぎ汁調査結果(JIS K 0102(1993))	200		200	0.19	37.58	1.67	53.04
⋮			⋮							⋮
47	35 %		:米のとぎ汁の家庭内処理習慣割合(アンケート結果)	50	18	50	-0.19	9.54	0.42	80.07

*各要素の要素値10%増加に対する変動率感度

2,245.03 100.00

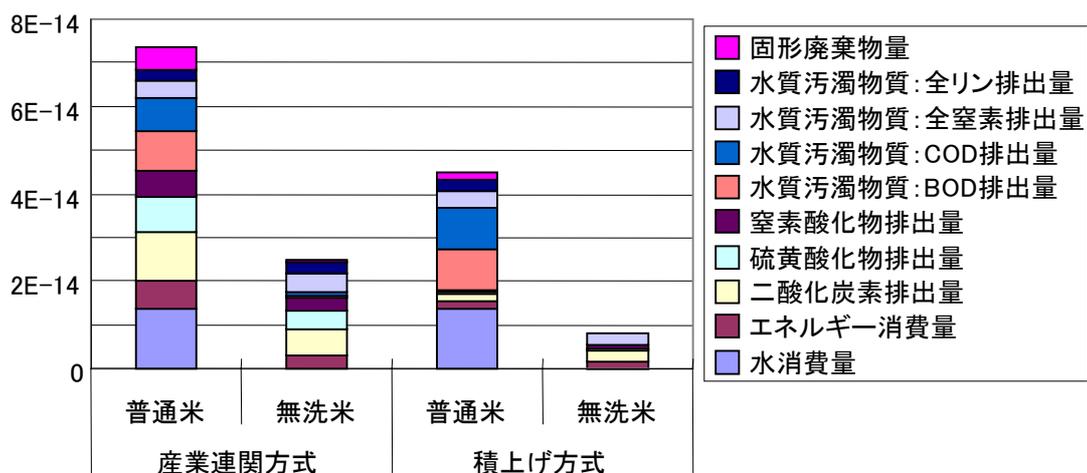


図3 無洗米と普通米のLCIA

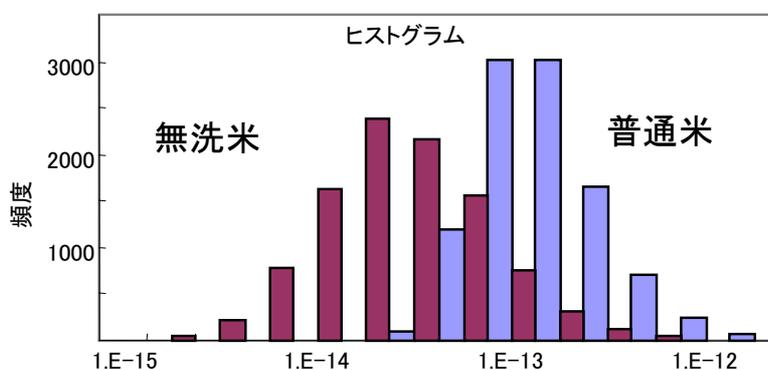


図4 無洗米と普通米のモンテカルロ法検討結果(積上げ)

モンテカルロ法（LCA に用いた全てのデータ（仮定）を強制的にランダムに変動させて結果のばらつきを求め、その結果の分布から結論の曖昧さを確かめる手法：全てのデータについて、上限以上 and/or 下限以下が 5%になるように対数正規分布を当てはめる）で積上げ方式の LCIA の曖昧さを調べた結果を図 4 に示す。結果の曖昧さは普通米と無洗米の LCIA 結果の差の分布で判断する必要があるが、普通米が無洗米よりも LCIA（環境負荷）が大きい確率は 95%以上だった。他のシナリオでも同様の結果が得られた。

なお、プレクリティカルレビューとして、初期の結果を Web 上に一般公開し²⁾、寄せられた意見をもとに再調整することも試みた（本報告は寄せられた意見を反映している）。

c. 結論

無洗米と普通米の LCA を実施した結果、普通米のとぎ汁の家庭内処理割合が 18%程度である場合は、データや仮定の曖昧さによらず、無洗米の方が普通米に対して環境負荷が小さいと考えられる。

参考文献

- 1) 伊藤健司、複写機の LCA における不確実性評価、平成 11 年度環境基本計画推進調査費 LCA 応用施策に関する検討調査報告書 (科学技術庁)、64～71 (2000)
- 2) <http://www1.ttcn.ne.jp/~kankyo/lab/t1.htm>

(2)研究成果の今後期待される効果

以上の LCA 分析のための研究およびその結果が、今後の環境政策および教育材料として役立つことを期待する。

3. 1. 2 市民の環境観を直接把握するための、インターネット技術と LCA との結合

(1)研究内容及び成果

a.はじめに

環境研究は、他の先端科学技術の研究と異なった性格を有する。通常の科学技術が基礎・応用・実用化の 3 つの研究フェーズに分類し理解されるのに対し、環境研究の場合には、第 4 フェーズとして、「社会への適用」が存在し、社会的に受け入れられる形で情報伝達を行うことが重要になる。

本研究の目的は、一般市民に対して環境情報を正確に伝達するためにどのような技術が必要かを検討・開発することである。具体的な方法として、以下の 6 つを考えている。

- (a) トレードオフデータベースの作成と、ライフサイクルインパクトアセスメント手法の開発
- (b) モノに環境負荷を割り付けた、簡易型ライフサイクルアセスメント法の開発
- (c) 市民の環境観を直接把握するための、インターネット技術と LCA との結合
- (d) 「環境を見る際の原則」等を、市民社会に分かりやすい形での提供
- (e) 情報伝達とそれによる環境観の変化の検証
- (f) 総合評価：本研究活動の効果の判定

本発表では、上記 (c) (e) に関して行った予備的な検討とその結果について報告する。

b.アンケート手法を用いた市民の環境観と環境知識の相関に関する検討

通常のアンケート手法を用いて、市民の環境問題に対する認識と環境問題に関する知識との相関を調査した。

これまで環境問題に関する意識調査は数多く実施されているが、たいていは調査主体が用意した選択肢に対する回答を求めるものであり、例えば「どの環境問題をより深刻だと考えるか」といった設問でも、調査する側によってカテゴライズされた環境問題が列挙される場合が少なくない。しかし、市民は必ずしも学術的あるいは科学的な定義・分類に従って環境問題を認識しているわけではないため、従来の方法では、回答者がある環境問題のなかのどの事象を問題だと認識しているのか、あるいは、回答者が複数の問題をどのようなバランスで「環境問題」として捉えているのかといったことについては、把握が難しいという課題があった。

本検討では、最初に、現時点における環境問題を重要と思われる順に何件でも書き出してもらおうといった方法を試みながら、市民が環境問題をどのように認識しているのか、また、その認識の背景にどのような環境観があるのかを把握することで上記課題に対応する。

現在、環境問題に関心を持つ学生グループの協力を得て、「自由回答設問」と「選択式設

問]による回答の差異や、ハンガリーやドイツなど海外の回答結果との比較を行いながら、適切な質問形態および回答の解釈方法について検討中である。

c. コンピュータを用いた市民の行動選択に対する環境情報の影響調査に関する検討

平成12年7月21日～8月6日に東京ビックサイトで開催された「21世紀夢の技術展」においてコンピュータを用いた行動選択調査を実施し、約5,000件の回答を得た。この調査では一般消費者を対象とし、行動選択に対する環境情報の影響を見るために、いくつかの事例をコンピュータを用いて提示した。図1～3に一つの事例を示す。最初に一般情報を与えた時(図1)、環境に関する情報を与えた時(図2)、コストに関する情報を与えた時(図3)の意思決定の変化を調査し、行動選択に対する情報の影響を調べる。同様な事例を7つ設定し、得られた結果について検討を行った。コンピュータを利用することのメリットは、設問とその回答が一点一葉に設定できる点であり、前後の設問および回答の影響を受け難いことにある。この手法は将来的には協力企業を募って新入社員などを対象にインターネット技術を利用して調査することを考えている。

卓上式の食器洗い乾燥機(奥行36cm、幅42cm)は、食器洗いの手間を省き、また短時間に多くの食器を洗えます。下記のように仮定する場合、食器洗い乾燥機を使いたいですか。それとも手で洗いたいですか。

仮定: 1) 毎回4人分の食器を洗う

2) 食器洗い乾燥機に入れる前に、10Lのお湯を使って予洗する

3) 食器洗い乾燥機の寿命を7200回(2回/日で10年相当)とする

4) 食器洗い乾燥機は11.5万円(取付費、メンテナンス費、廃棄費込)で15.5kgとする

5) 手洗いの場合是一次あたり72Lのお湯を使う

図1 卓上式の食器洗い乾燥機に関する市民の意識調査票(例)

食器洗い乾燥機は、環境の観点から総合判断すると、手洗いよりも若干よいと考えられます(表示)。手洗いは洗浄に使用のお湯の量が多く、食器洗い乾燥機は、電力の使用や機器本体の廃棄が大きく影響します。食器洗い乾燥機を使いたいですか。それとも手で洗いたいですか。

図2 卓上式の食器洗い乾燥機に関する環境情報を提示した意識調査票(例)

トータルコストで比較すると食器洗い乾燥機は若干高いと考えられます(表示)。食器洗い乾燥機を使用することで水道代やガス・電気代が安くなりますが、機器購入・メンテナンス費用等が比較的大きく影響します。食器洗い乾燥機を使いたいですか。それとも手で洗いたいで

図3 卓上式の食器洗い乾燥機に関するコスト情報を提示した意識調査票(例)

20~60代の回答者に絞って、個人の属性(性別、年齢、職業、家族構成、環境意識:添付資料参照)から三重クロス集計表分析(エラボレーション)を行った。全テーマについて、最初(初期値の調査)の回答が二番目(9テーマ中8テーマが環境に関する問い)の回答で変更されたか否かに注目した。以下に4つの検討結果を列記する。(クramerの関連係数:Crは、有意水準 $p=0.05$ で χ^2 検定し、有意な差があるときには“*”で表す)

1. 女性よりも男性が意見をかえない傾向がある(Cr=0.093*)が、環境無意識派(あまり意識していない&意識していない)は特にその傾向が強い(Cr=0.165*)。環境意識派(かなり意識している&まあ意識している)はその傾向が弱い(Cr=0.082*)(明細化)。また、男性に限った場合の環境意識派と無意識派の違いは有意であった(Cr=0.055*)。→1)環境意識によらず女性が男性に比べて反応する。2)環境意識派よりも環境無意識派の方が男女差が大きい。3)男性の環境意識派は、無意識派より反応する。

表1 性別、環境意識別の意見変更状況(%)

	男性	女性	環境意識派			環境無意識派			計
			男性	女性	計	男性	女性	計	
不変	50	40	49	40	46	57	39	51	47
変更	50	60	51	60	54	43	61	49	53
計 (実数)	100 (1884)	100 (881)	100 (1620)	100 (770)	100 (2390)	100 (264)	100 (111)	100 (375)	100 (2765)
Cr	0.09*		0.08*			0.17*			

注) 家族構成、年齢、職業について、カテゴリーごとに調べても上記と同様な傾向が見られた。家族構成は、単身者で上記傾向が強く、二世帯で傾向が弱い。年齢は40代のみで上記傾向が強い。職業はサラリーマンで上記傾向が強く、大学生で傾向が弱い。

2. 男性よりも女性が意見をかえる傾向がある (Cr=0.093*) が、回答が遅い人はその傾向が強い (Cr=0.122*)。回答が早い人はその傾向が弱い (Cr=0.034*) (明細化)。→ 情報に対する接触時間が長いと男女差が大きくなる。

表2 性別、回答時間別の意見変更状況 (%)

	男性	女性	速い (読上げ時間の 0.7 未満)			遅い (読上げ時間の 0.7 以上)			計
			男性	女性	計	男性	女性	計	
不変	50	40	49	40	46	57	39	51	47
変更	50	60	45	49	46	55	67	59	53
計 (実数)	100 (1884)	100 (881)	100 (901)	100 (343)	100 (1244)	100 (983)	100 (538)	100 (1521)	100 (2765)
Cr	0.09*		0.03			0.12*			

注) 家族構成、年齢、環境意識について、カテゴリーごとに調べても上記と同様な傾向が見られた。家族構成は、夫婦のみで上記傾向が強く、二～三世代で傾向が弱い。年齢は 40 代のみで上記傾向が弱い。環境意識は環境無意識派に上記傾向が強く、「かなり意識している」人で傾向が弱い。職業についてカテゴリーを変えると、管理職以外のサラリーマンで上記傾向がわずかに反転しているものの、それ以外は上記と同様の傾向が見られた。特に自営業&主婦&その他で上記傾向が強かった。読上げ時間が標準の 1.1 以下の場合に限っても、図 1 に示すように上記傾向が保たれることから、コンピュータに不慣れであることによる影響は無いと考えられる。

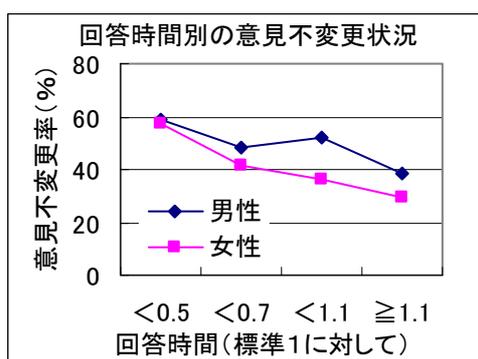


図1 回答時間別、性別意見不変更率

3. 上記二つの結果から、環境意識と回答時間に「解釈」の関係（環境意識派は遅いがゆえに意見変更率が高くなる、あるいは環境無意識派は速いがゆえに意見変更し難いといったような関係）がある可能性がある。それを確かめるために分析を行い、下記の結果を得た。環境意識と回答時間はそれぞれ独立し、また相互に拡大する方向に影響し合っている事がわかった（独立効果+明細化）。

表3 環境意識別、回答時間別意見変更率（%、実数）

	環境無意識派	環境意識派	比率の差
速い	45 (193)	46 (1051)	1 (Cr=0.01)
遅い	52 (182)	60 (1339)	8 (Cr=0.05*)
比率の差	7 (Cr=0.07)	14 (Cr=0.14*)	

4. 女性は、時刻が遅くなるほど意見を変えにくくなる傾向がある（Cr=0.082）。年齢、家族構成、職業でそれぞれ関連係数が強まるようにカテゴリーを抽出すると、30代～50代（Cr=0.145*）（図2）、单身以外（Cr=0.118*）、学生以外（Cr=0.107*）だったが、全ての条件を掛け合わせても関連係数が0.151*であるため、年齢が支配的な要因だと考えられる。→30～50代の女性は時刻が遅くなるにつれて意見変更しなくなるらしい（夕食の準備とかが気になるか？）。意見変更するような女性（若い人とか、計画性のある人とか）が早く会場にくる傾向があるのか、あるいは同一人物でも時刻が遅くなると意見を変えにくくなるのかの区別はできないが、今回と同様に任意に調査を行うのであれば参考情報として有用と考える。（マーケティングの観点からも面白い。）

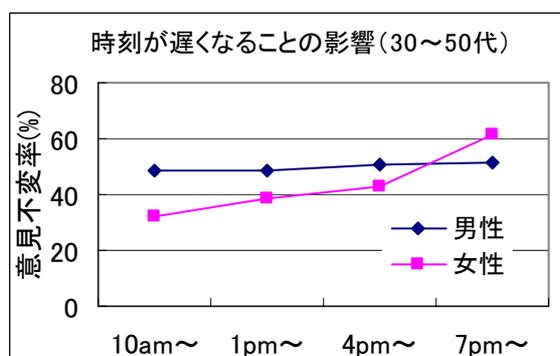


図2 時刻別、性別意見不変更率

参考文献：宝月誠、中道實、田中滋、中野正大、社会調査（有斐閣）、P.157（2000）

(2)研究成果の今後期待される効果

この研究により得られた知見は、今後のアンケート調査、環境教育の一助となることを望む。

3. 1. 3 LCA 分析事例集

(1)研究内容及び成果

<古紙パルプ及び非木材パルプを配合した上質紙の LCA 的評価>

【はじめに】

現在、木材伐採による森林地域の減少などの環境的な観点から、非木材パルプや古紙パルプを配合した紙製品の製造・使用が進められている。しかし、古紙パルプや非木材パルプの製造工程では、木材パルプと比較して収率が低いことや黒液を燃料とする効率的な利用ができないこと等があり、化石燃料使用によるエネルギー消費量や CO₂ 排出量の増加が推測される。

本研究ではライフサイクルアセスメント(LCA)手法を用いて、木材パルプ、古紙パルプ、バガスパルプ、ケナフパルプの各種パルプを配合した上質紙のインベントリー分析を行い、木材パルプと古紙パルプや非木材パルプを配合した上質紙における環境負荷と、木材パルプ 100%で作られた上質紙における環境負荷とを比較した。

【インベントリー範囲と前提条件】

本インベントリー分析での機能単位は上質紙 1000kg とし、環境負荷項目として CO₂、SO_x、NO_x、焼却灰を対象とした。システムバウンダリー (図 1) は、木材植林・非木材栽培ステージ(Stage0)、木材・ケナフチップ化ステージとバガス脱皮化ステージ(Stage1)、パルプ製造ステージ(Stage2)、上質紙製造ステージ(Stage3)、上質紙流通ステージ(Stage4)、焼却・埋立ステージ(Stage5)、古紙回収ステージ(Stage6)である。

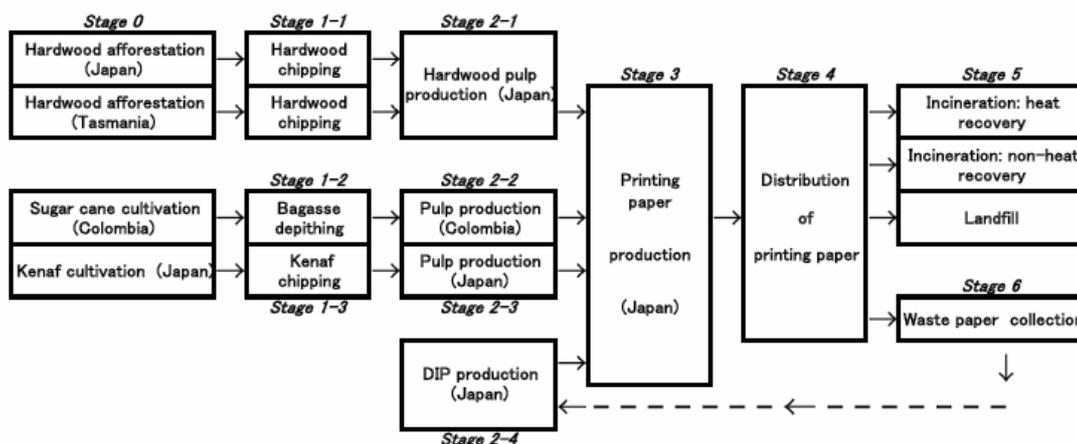


図1 上質紙のライフサイクルフロー

本研究での木材パルプと古紙パルプ(DIP)に関するインベントリーデータは、三菱製紙八戸工場のデータを引用した。非木材パルプに関して、バガスパルプはコロンビア工場で

のパルプ製造データを、ケナフパルプは(株)東邦特殊パルプ小山工場でのパルプ製造データを使用した。ケナフパルプの場合は、黒液の回収システムが整っていない小規模工場でパルプ製造を行う一試行例として考えられる。

【結果および考察】

図2 にバガスパルプ配合率と CO2 排出量の関係を示した。バガスパルプを配合した上質紙のライフサイクルにおける CO2 排出量は、木材パルプ 100%で作られた上質紙のライフサイクルにおける CO2 排出量と同程度であった（バガスに含まれるピスを農業副産物と考えて、その焼却により発生する CO2 排出量を除外した場合）。次に、ケナフパルプ配合率と CO2 排出量の関係を図3 に示した。ケナフパルプは、黒液の回収設備が整わない小規模工場で製造したために、ケナフパルプを配合した上質紙のライフサイクルにおける CO2 排出量は、他の上質紙のライフサイクルにおける CO2 排出量よりも多くなる結果が得られた。古紙パルプの場合は図4 に示すように、上質紙への古紙パルプ配合量の増加に従い、化石燃料の消費量が増加し、結果として化石燃料由来の CO2 排出量が増加した。

今後、より詳細な研究を進めるには、木材植林や非木材栽培における土地利用形態や農業副産物としての価値をインベントリーに取り入れた分析が必要と思われる。

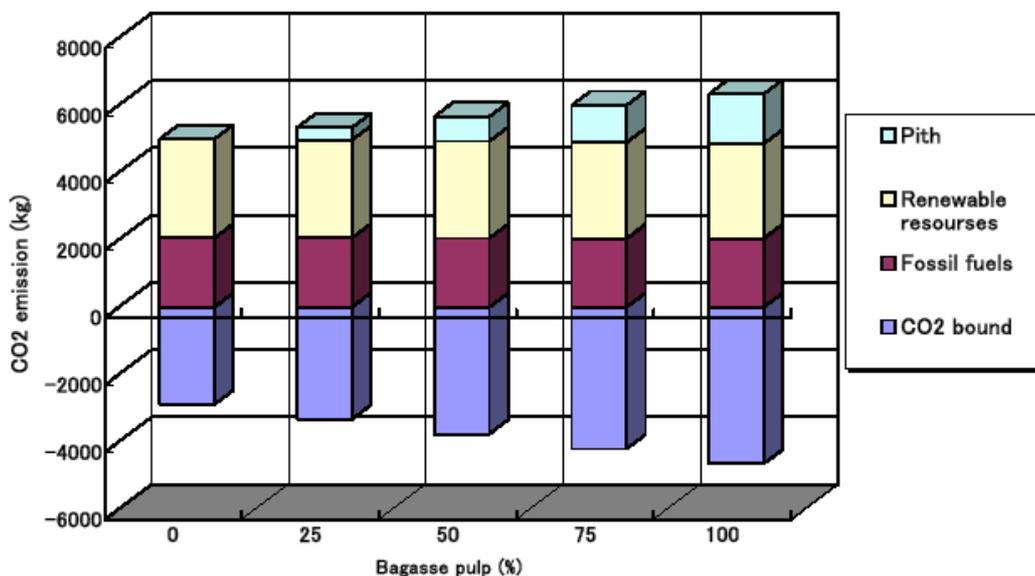


図2 バガスパルプ配合率とCO2排出量の関係（上質紙:1000kg）

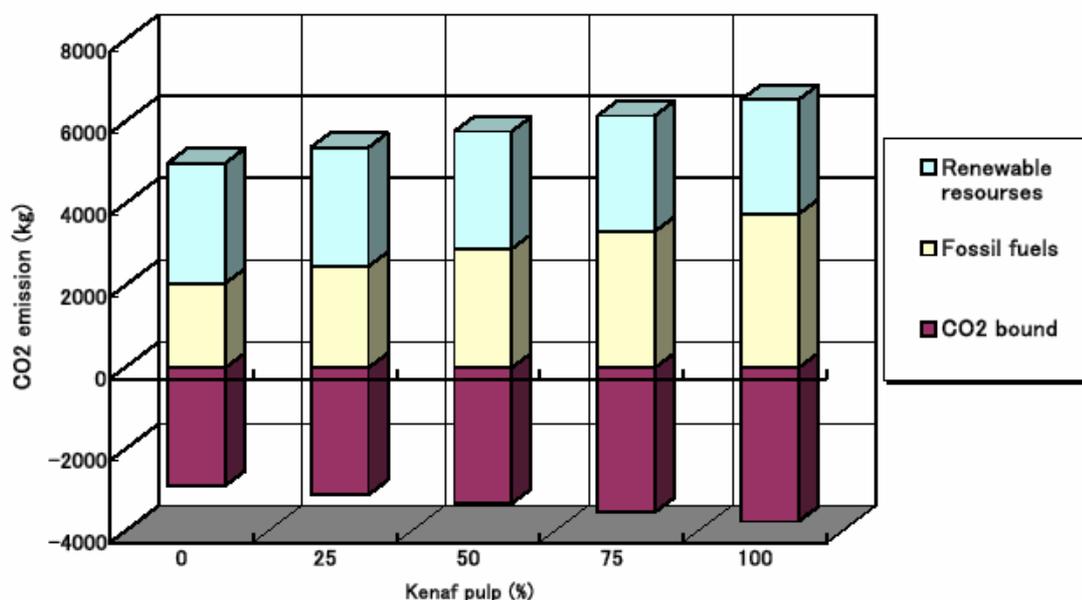


図3 ケナフパルプ配合率と CO2 排出量の関係 (上質紙:1000kg)

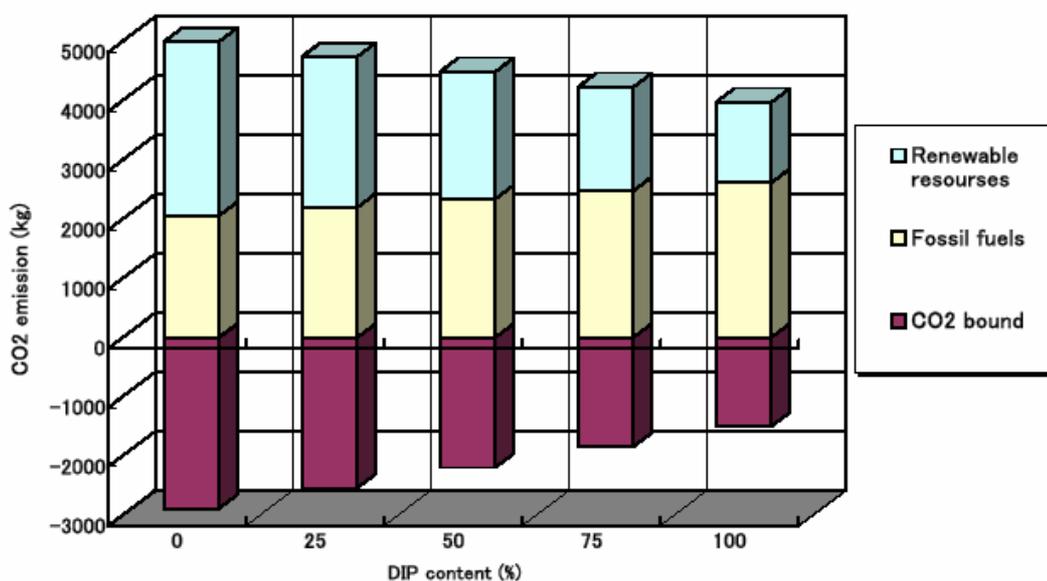


図4 古紙パルプ配合率と CO2 排出量の関係 (上質紙:1000kg)

<ビール・発泡酒用アルミ缶のライフサイクルインベントリ分析>

【はじめに】

現在、ビール・発泡酒用容器としてアルミ缶とガラスびんが主に使用されており、アルミ缶についてはアルミ二次地金の配合率の向上、ガラスびんについてはリターナブル化やガラスカレットの配合促進等、環境を配慮した対策が積極的に進められている。しかしながら、これまでのアルミ缶は、成形工程で冷却水・潤滑剤を大量に使用するアルミ DI 缶

が主流となっており、製缶時の水使用量や固形廃棄物排出等が多くなることも課題の一つとなっていた。そのような中で、ポリエステルフィルムをアルミ地金にラミネートして成形を行う aTULC（アルミタルク）が新たに開発され、ビール・発泡酒（極生：キリンビール株式会社）用容器として使用されている。本研究では、この aTULC のライフサイクルインベントリ（LCI）分析を試み、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量、水使用量、固形廃棄物排出量に関する抑制効果について調査した。

【調査範囲と前提条件】

機能単位：内容物（ビールもしくは発泡酒）の保持を機能とし、従来型 206 径蓋アルミ DI 缶、従来型 204 径蓋アルミ DI 缶、204 径蓋 aTULC の 3 種類について、「350ml 缶および 500ml 缶 1 回使用」を機能単位とした。Table 1 に、本 LCI 分析で対象とした 350ml および 500ml アルミ缶の本体および付属品の重量を示した。尚、206 径蓋は外径が 2 インチ 6/16 のアルミ缶蓋で、204 径蓋は外径が 2 インチ 4/16 のアルミ缶蓋の略称である。

Table 1 Weight of each aluminum can and accessories.

Capacity	Aluminum can	Body (g)	Lid (g)	Laminate (g)
350ml	Aluminum DI can (206)	12.0	3.9	0.2
	Aluminum DI can (204)	12.0	3.2	0.2
	aTULC (204)	11.5	3.2	0.7
500ml	Aluminum DI can (206)	15.0	3.9	0.3
	Aluminum DI can (204)	15.0	3.2	0.3
	aTULC (204)	15.0	3.2	0.9

システム境界：本研究で対象としたアルミ缶の製造・廃棄フローを Fig.1 に示した。製造側のシステム境界は、ボーキサイト採掘、アルミナ製造、アルミ精錬、二次地金製造、二次地金輸送、圧延、製缶、充填・流通を対象として、蓋（アルミ）製

造やラミネート（ポリエステルフィルム）製造も範囲に入れた。廃棄側は、クローズド・リサイクル（Can to Can）、オープン・リサイクル（カスケード）、直接埋立、散乱を対象とした。ボーキサイト採掘や原油採取等については、海外も対象範囲とした。尚、内容物製造や販売什器（自動販売機・販売店での冷蔵ケース等の販売）に係わる環境負荷は対象外とした。

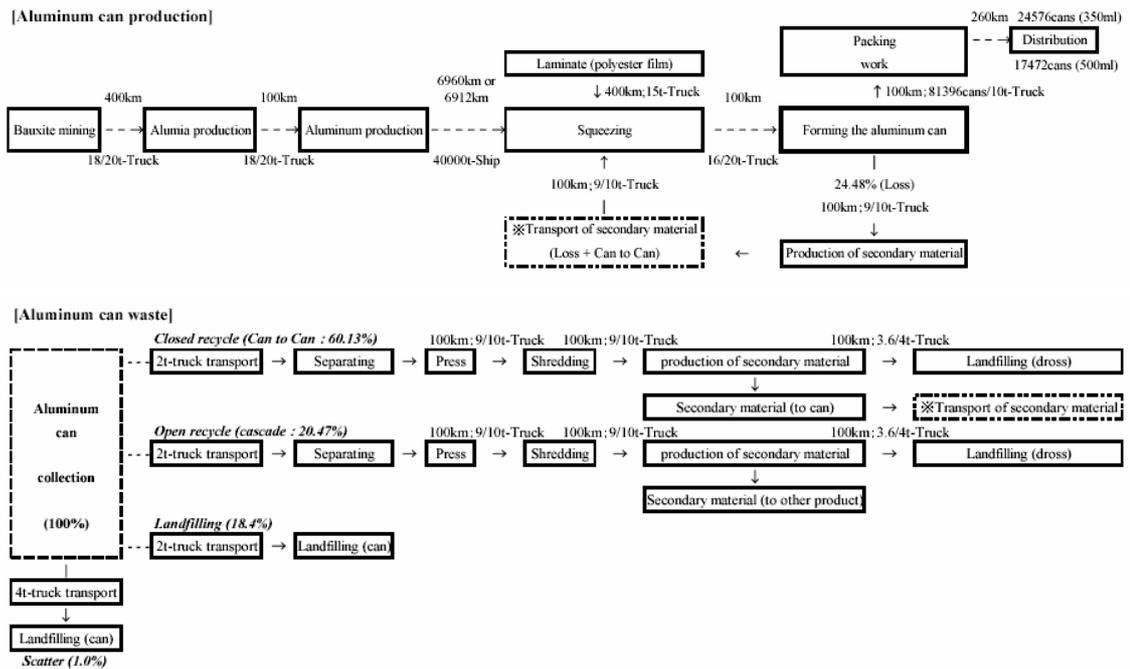


Fig.1 Production and waste flow for the aluminum can in this LCI.

環境負荷項目：本 LCI 分析では、各種エネルギー（電力・重油・軽油等）消費、二酸化炭素（CO₂）排出、水消費、固形廃棄物を環境負荷項目の対象とした。

【結果および考察】

各種アルミ缶のライフサイクルにおけるエネルギー消費量の結果を Fig.2 に示した。ここでは、206 径蓋アルミ DI 缶を 350ml 缶および 500ml 缶の基準として、それに対するエネルギー消費率で示した。この結果より、350ml 缶においてアルミ蓋を 206 径から 204 径にした場合、エネルギー消費量を 3.2%削減でき、さらにアルミ DI 缶を aTULC にした場合、エネルギー消費量を 15.6%削減できることが確認された。また、500ml アルミ缶については、アルミ蓋を 206 径から 204 径への変更で 2.5%、アルミ DI 缶から aTULC への変更で 13.6%のエネルギー消費量が削減できることが明らかとなった。アルミ蓋の変更によるエネルギー消費量の削減は、アルミ材使用量が減少（軽量化）したことに起因していることから、残りの 12.4%（350ml 缶）と 11.1%（500ml 缶）がアルミ缶の成形工程の違いによる効果として考えられる。また Fig.3 に、各種 350ml アルミ缶のライフサイクルにおける水消費量、CO₂ 排出量、固形廃棄物排出量の結果を 3 軸法で表した。ここでも上記と同様に、206 径蓋アルミ DI 缶を基準として、それに対する各環境負荷量の割合を示した。この結果からも、アルミ蓋を 206 径から 204 径への変更、またアルミ DI 缶から aTULC への変更により、水消費量、CO₂ 排出量、固形廃棄物排出量の環境負荷が削減できることが確認された。水消費量ではアルミ蓋の変更により 4.0%、aTULC への変更により 10.0%削減され、CO₂ 排出量ではアルミ蓋の変更により 3.3%、aTULC への変更により 16.4%の削減が認められた。固形廃棄物排出量については、アルミ蓋の変更により

3.9%、aTULC への変更により 15.3%の削減が明らかになった。よって、アルミ缶の成形工程の違いによる低減効果は、水消費量が 6.0%、CO₂ 排出量が 13.1%、固形廃棄物排出量が 11.4%となった。

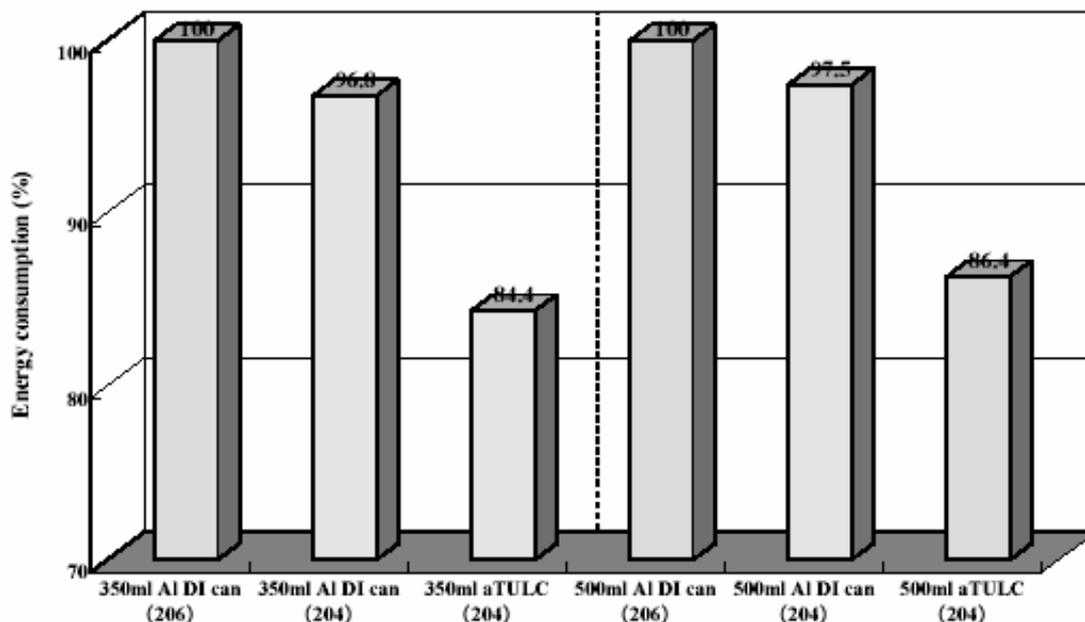


Fig.2 Relative ratio of energy consumption for life cycle of each aluminum can on the base of aluminum DI can (206).

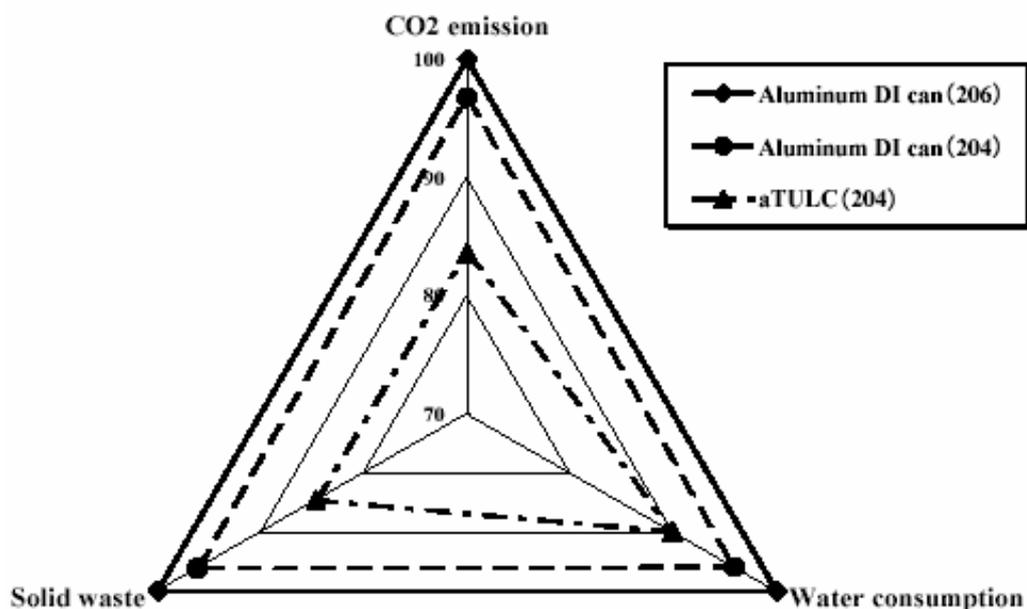


Fig.3 Consumption of each environmental load for life cycle of three kinds of 350ml aluminum cans on the base of aluminum DI can (206).

(2)研究成果の今後期待される効果

以上に記した LCA 分析の実施結果を用い、環境教育ならびに環境情報提供においてライフサイクルを考慮した情報を正しく伝達されることが望まれる。

3. 1. 4 LCAにおける原単位収集

(1)研究内容及び成果

今年度までの研究調査において、当研究チームでは数多くの LCA 計算を行ってきた。企業や研究機関で LCA を行う場合には、市販の専用ソフトウェアおよび原単位データベースを使用するのが一般的である。これらにおいては、プロセスおよびデータ自体が明示的でない場合が多いが、政府・公共機関などにより一般に公開されている情報も少なくない。公開情報がデータベースとして整備されていれば、LCA ソフトを購入せずとも一般市民が LCA 計算を行うことも可能である。そこで、だれもが閲覧可能でオープンなデータベースの構築を目的とし、各所に公開されている原単位データを収集した。収集されたデータはデータベース化され、現在クレスト安井チームのホームページで公開されている。

LCAお役立ち情報

CREST安井チーム

LCAお役立ち情報		LCA関連 link
LCAに使える原単位	LCAを始めたいんだけど原単位は何を使っているのやら CO2換算とO換算	国内の動き (独)産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター 日本のLCA研究の総本山 社団法人 産業環境管理協会 「エコリーフ環境ラベル」、「LCAプロジェクト」は産業界の動きを知る上で必見 産業連関表による環境負荷原単位データブック(BEID) (独)国立環境研究所 地球環境センターによる研究 EPD スウェーデン タイプIII環境ラベル (財団法人日本ガス機器検査協会) スウェーデンのタイプIII環境宣言に関する国内の審査サイト
LCAで使える小技	熱量表記の原単位換算 海上輸送距離 早見	
原単位を作ってみよう	国立環境研究所の原単位ブックを使って詳細品目の原単位を作成してみます	
LCA用語の解説(準備中)		

LCA事例集 こんなにあるぞLCA
 巷で見つけたLCA・LOIの事例です。インターネットで拾える情報は可能な限りリンクをしていますが、データ内容について保障するものではありません。また、[リンク先の了解を得たものではありません](#)ので、不都合がある場合はお知らせ下さい。

- [金属](#)
- [輸送](#)
- [電気製品](#)
- [建築](#)
- [農業・食品](#)
- [容器](#)
- [廃棄・リサイクル](#)
- [その他](#)

LCAに使える原単位

[LCAメニューへ](#)

CRESTが標準的に使用している原単位を公開しています。
 これまでに報告書や論文などで発表されたデータから私的な判断に基づいて採用したものです。
 この数値を使用するか否かの判断につきましては、出典元までさかのぼり、自己責任にてお願いいたします。

CO2原単位

- [電力・燃料\(燃焼\)](#)
- [燃料\(製造\)](#)
- [輸送](#)
- [用益](#)
- [素材\(金属-鉄鋼\)](#)
- [素材\(金属-非鉄\)](#)
- [素材\(合成樹脂\)2004.4.16up](#)
- [素材\(有機\)](#)
- [素材\(無機\)](#)
- [素材\(フロン\)](#)
- [素材\(その他\)](#)
- [焼却・廃棄](#)

ファイル一括ダウンロード ver.1.25
 (2004.4.16up)

[圧縮ファイル](#) (lzh形式 22KB)

[Excelファイル](#) (92KB)

LCAに使える原単位

[一覧に戻る](#)

[次へ](#)

電力・燃料 CO2原単位

大分類	中分類	項目名	CO2原単位	単位	出典	注意事項
電力・燃料	電力	電力	0.407	kg-CO2/kWh	電気事業連合会 2003(注1)	2002年度 実績
電力・燃料	燃料	原料炭	2.61	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	一般炭(国内炭)	1.97	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	一般炭(輸入炭)	2.39	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	コークス	3.25	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	練炭、豆炭	2.2	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	原油	2.64	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	天然ガス液(NGL)	2.4	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	ガソリン	2.38	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	ナフサ	2.22	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	ジェット燃料油	2.5	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	灯油	2.51	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	軽油	2.64	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	A重油	2.80	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	B重油	2.9	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	C重油	2.99	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	潤滑油	2.9	kg-CO2/L	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	石油コークス	3.3	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	液化石油ガス(LPG)	2.94	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	液化天然ガス(LNG)	2.77	kg-CO2/kg	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	天然ガス(LNGを除く)	2.1	kg-CO2/Nm3	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	コークス炉ガス	0.850	kg-CO2/Nm3	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	高炉ガス	0.368	kg-CO2/Nm3	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	転炉ガス	0.908	kg-CO2/Nm3	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	製油所ガス	2.41	kg-CO2/Nm3	環境省2002(注2)	燃焼分
電力・燃料	燃料	都市ガス	2.11	kg-CO2/Nm3	環境省2002(注2)	燃焼分

(注1) 電気事業連合会/電気事業における環境行動計画 2003年9月19日

(注2) 環境省/平成14年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会 平成14年8月

燃料については、平成13年度版総合エネルギー統計の改訂発熱量を用いて単位あたりの排出量を算出しています。(計算方法)

単位換算電卓 (CO2とC)

平常CO2原単位は、二酸化炭素換算(単位あたりの二酸化炭素排出量=kg-CO2/標準単位)か炭素換算(単位あたりの二酸化炭素排出量=kg-C/標準単位)で表記されています。複数の原単位を使用する場合には、どちらかの表記に統一しないと間違った計算をしてしまうので注意しましょう。

例えば、炭素換算で表記された値を二酸化炭素換算表記に変える場合は、分子量の比(44/12)をかけることとなります。CO2換算からC換算の場合は逆数(12/44)をかけます。

(X) C-kg/kg → (Y) CO2-kg/kg の場合

$$Y = X * 44(\text{CO2分子量}) / 12(\text{C分子量})$$

下の画面で自動計算ができます。

1. 数値を入力
2. 単位を選ぶ
3. 計算ボタンを押す

CO2換算後の数値 kg-CO2/**
C換算後の数値 kg-C/**

[戻る](#)

熱量表記の原単位換算

化石燃料エネルギーの燃焼分

環境省では、地球温暖化対策推進施行令に基づいた燃料の温室効果ガス排出係数を定めています。

「平成14年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会」では、これまでの燃料重量あたりの排出係数の表記から熱量あたりの排出係数に変更されています。平成12年度からの排出係数はMJあたりで表記されることになり、実際の燃料消費量からCO2排出量を計算することが面倒になりました。

ここは、燃料の消費量から熱量換算を内部計算し、CO2排出量を計算します。

下の画面で自動計算ができます。

1. 燃料を選ぶ
2. 数値を入力
3. 計算ボタンを押す

CO2排出量 kg-CO2/
CO2排出係数 kg-CO2/MJ
標準発熱量 MJ/
標準発熱量は平成14年2月に改訂された値を採用

[戻る](#)

海上輸送距離 早見

国別・資源別の輸送距離をお知らせします

海上輸送・片道の距離です。

アメリカ 国を選んでください
原料炭/欧州配船 資源を選んでください

海里
 km(およそ:有効数字2桁)
 km(1海里=1.852kmから計算)

[戻る](#)

海上距離(海里)の出典元

(社)化学経済研究所/基礎素材のエネルギー解析調査報告書 平成5年9月

[循環社会と輸入木材の輸送過程消費エネルギー 中部森林管理局名古屋分局、藤原敏](#)

環境負荷原単位データブックを使って原単位を作ってみよう

[LCAメニューへ](#)

ここにあるExcelでは、産業連関表による環境負荷原単位データブック(独立行政法人国立環境研究所)の399部門の原単位を使用し、さらに詳細な品目の原単位を求めることができます。

部門内での原単位の違いは単価の違いのみに依存しており、必ずしも製造工程の違いを反映しているわけではないので使用には注意が必要です。

[Excelファイル\(658KB\)をダウンロードする](#)

(参考資料 : LCA 支援データベース画面)

(2)研究成果の今後期待される効果

作成した原単位等のデータを HP で公開し、使いやすく工夫することで、専門の研究かでない市民にも比較的簡単に LCA 計算を行うことが可能となる。このような試みにより、LCA の一般的な認知が高まることとともに、市民自らが環境情報を解析することが望まれる。

3. 1. 5 飲料容器に関するワークショップ調査

(1)研究内容及び成果

a. 調査の目的および概要

a.1 調査の背景と目的

容器包装廃棄物は、産業廃棄物等に比べると質的にも量的にも環境への影響は小さい。しかしながら容器包装は、内容物の保存と運搬といった役目を終えるとただちに廃棄物となる身近な存在であり、生活者のライフスタイルの選択によって廃棄物の質や量が左右される存在でもある。容器包装リサイクル法の施行により分別収集と再商品化が促進されているが、制度上の課題とともに、大量消費大量廃棄を伴う大量生産の限界に関する生活者レベルでの情報の普及が課題となっている。

そのため、「社会的受容性獲得のための情報伝達技術の開発」の一テーマとして“リターナブルびん”を取り上げ、LCA 手法によるデータ等を駆使しながら、生活者への情報提供とその効果について把握することを目的として調査研究を実施した。

a.2 調査の概要

リターナブルびんに関する調査研究全体のフローを図 5.1 に示した。まず事前調査として小規模なワークショップを数回開催し、その結果から消費者行動の移行を妨げる要因を抽出して絞り込み、それぞれの項目の重要度を比較するためにランキング調査を行った。

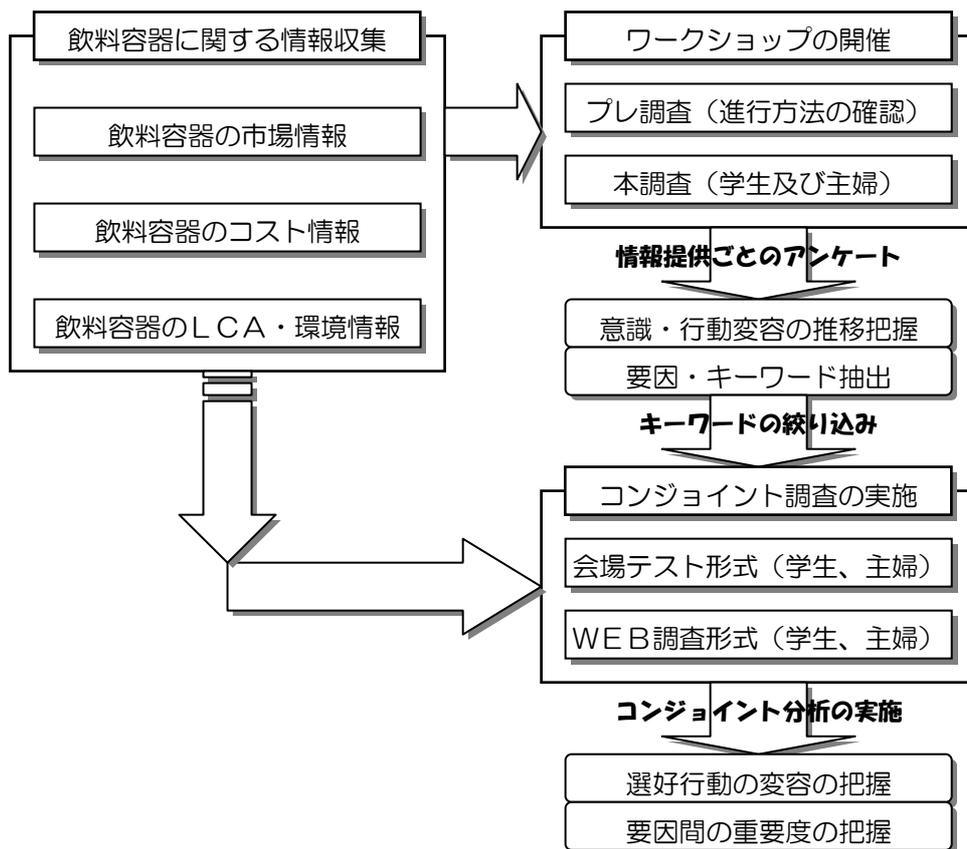


図 5.1 調査の流れ

b. 調査方法

b.1 ワークショップ調査

b.1.1 対象品目の決定

ワークショップの対象品目は、同一容量で同一銘柄のリターナブルびん入りのビールとアルミ缶入りのビールである。リターナブルびんは繰り返し再使用されるびん容器である。この両者は、価格差が少なく、また消費者が手に入れる実質的な飲料も同一であるが、取り扱いに関する利便性が異なっている。また、それぞれ異なる回収方法と再生方法を有しており[1][2]、既存のLCAを用いた研究によれば、リターナブルびんの方がアルミ缶よりもライフサイクルでのCO₂排出量が少ない[3]。

b.1.2 環境情報等コンテンツの作成

ワークショップにおいて提供する環境情報は、以下のような内容とした。

- ① 飲料容器の市場と流通事情
- ② 容器の製造プロセス及びリサイクルのしくみ
- ③ 容器別のビールの市場価格
- ④ 容器のリサイクルコスト及び行政リサイクルコスト
- ⑤ 地球環境問題
- ⑥ 容器のライフサイクルアセスメント

b.1.2 調査手順

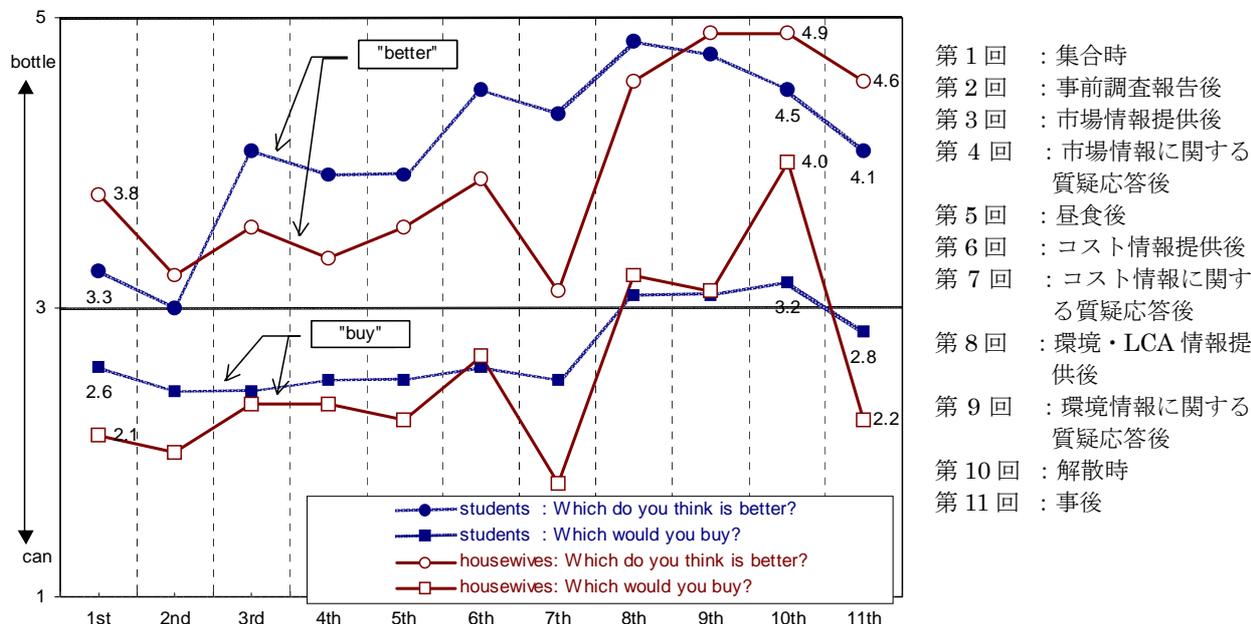
東京大学生産技術研究所会議棟において、平成15年9月16日に主婦12人を対象にワークショップのプレ調査、11月14日に学生12人を対象とした第1回ワークショップ調査、12月3日に主婦9人を対象とした第2回ワークショップ調査を実施した（図5.2参照）。対象者はいずれもビール飲酒習慣があることを条件に募集した。データの収集に当たっては、はじめにワークショップ1週間前に郵送による事前アンケート調査を実施してビールの飲酒状況等に関する質問を行い、ワークショップ会場でのアンケートでは「よい」と思うもの、「買いたい」と思うものそれぞれについて、「缶」～「びん」の五択を設定し情報提供の前後計10回にわたって「缶」または「びん」の選好度を調査し、さらに回答の理由・考えについても自由記述回答収集を実施した。



図 5.2 ワークショップ開催の様子（参考）

b.1.3 調査結果

意識調査の結果の推移を図5-3に示した。なお、第1回から第11回までは、次の各段階を示している。



- 第1回 : 集合時
- 第2回 : 事前調査報告後
- 第3回 : 市場情報提供後
- 第4回 : 市場情報に関する
質疑応答後
- 第5回 : 昼食後
- 第6回 : コスト情報提供後
- 第7回 : コスト情報に関する
質疑応答後
- 第8回 : 環境・LCA 情報提
供後
- 第9回 : 環境情報に関する
質疑応答後
- 第10回 : 解散時
- 第11回 : 事後

図 5.3 回答者の意識変化

学生及び主婦ともに、「よい」と「買いたい」の回答に乖離があり、環境情報の提供によってこの差が縮小することはなかった。しかし、環境情報の提供によって、より環境負荷が少ないとされる「びん」側への意識の変容が見られた。学生では、「よい」との回答が第3回、第6回及び第8回において「びん」側へ変化するが、「買いたい」との回答は第8回においてのみ「びん」側へ変化した。主婦では、第3回と第6回でわずかに「びん」側へ変換し、第8回において大きく「びん」側へ変換した。ワークショップの約2週間後に実施した事後意識調査（第11回）では、「買いたい」というより行動面での回答については学生、主婦ともにワークショップ開始前（第1回）のレベルに戻ってしまっていたが、「よい」とする意識面での回答については、1ポイント弱程度「びん」側へと変化した。

第1回～第11回までの各段階で収集した自由記述の中からキーワードを抽出し、14項目に分類した。図5-4に、主な段階における項目別の出現頻度を示した。同図では、「びん」選択に寄与する記述を+1、「缶」選択に寄与する記述を-1としてカウントした得点を示している。

学生と主婦との比較では、どちらも「環境影響」が回を追うごとに「びん」側に変化しており、特に環境情報の提供を行った第8回後に大きく変化している。学生では「製造コスト」や「イメージ」も「びん」側に評価されているが、主婦では「環境意識」が大きく評価されている。一方で、「利便性」や「購入しやすさ」、「リサイクルしやすさ」等は「缶」側に評価されており、特に主婦では回を追うごとに「利便性」と「購入しやすさ」が再認

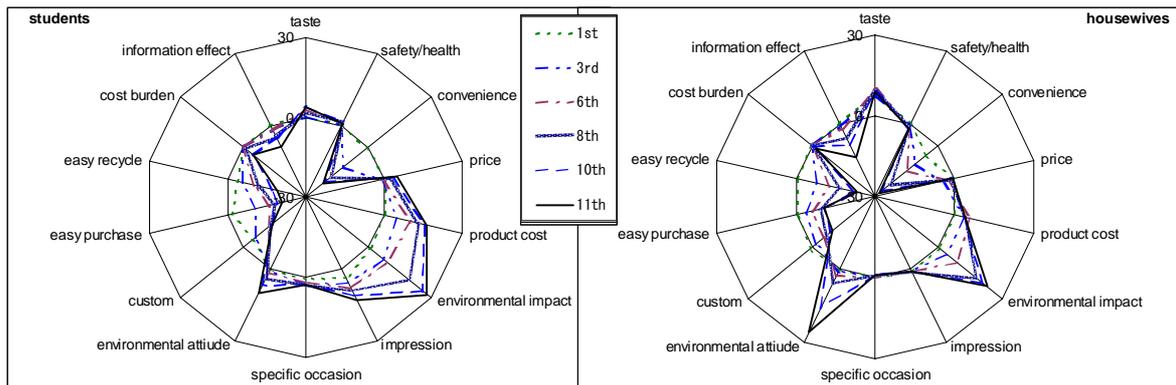


図 5.4 記述回答におけるキーワード出現頻度

識されている。第 11 回では、「環境影響を考えてリターナブルびんを選択するといった環境配慮行動を取るべきだが、利便性ではアルミ缶にかなわない」、「アルミ缶もリサイクルされている」といった記述が見られた。

b.2 ランキング調査

b.2.1 属性と水準

ワークショップ調査における自由記述からのキーワードの出現頻度の結果から、ビール購買時に消費者が重視する項目がポジティブ・ネガティブ両面で見出された。これらを下記に示すような 5 つの属性と水準に絞り込んだ。

- ① 容器：「ガラスびん（500ml , 900g）」、「アルミ缶（500ml , 520g）」
- ② CO₂ 排出量：「容器のリユース=60g-CO₂」、「容器のリサイクル=120g-CO₂」
- ③ 価格：「200 円/本（400 円/2 本）」、「220 円/本（440 円/2 本）」
- ④ 購入・廃棄方法：「お店で購入-お店に返却」、「お店で購入-自治体の資源回収へ」、「お店の宅配で購入-お店が回収」
- ⑤ リサイクルコスト：「リサイクルコストはメーカー負担（価格に含む）」、「リサイクルコストは自治体負担（約 11 円/本の税金）」

これらの属性と水準から直交計画に基づき、表 1 に示すプロフィールカードを 8 枚作成した。被験者に、事前アンケート、インターネット調査及び会場テストにおいて、これらのカードを買いたいと思う順番に並べさせた。順位尺度として順位の逆順の値、つまり、8 枚のカードで 1 位を 8 点とした。

表 5.1 プロファイルカードの特徴

カード番号	容器	CO2排出量g/本	価格円/本	購入及び廃棄方法	リサイクルコスト
1	ガラスびん	60	200	お店で購入—自治体の資源回収へ	メーカー負担(価格に含む)
2	アルミ缶	120	220	お店で購入—自治体の資源回収へ	自治体負担(約11円/本、税金負担)
3	アルミ缶	120	200	お店で購入—自治体の資源回収へ	メーカー負担(価格に含む)
4	ガラスびん	120	220	お店の宅配で購入—お店が回収	メーカー負担(価格に含む)
5	ガラスびん	120	200	お店で購入—お店に返却	自治体負担(約11円/本、税金負担)
6	アルミ缶	60	220	お店で購入—お店に返却	メーカー負担(価格に含む)
7	ガラスびん	60	220	お店で購入—自治体の資源回収へ	自治体負担(約11円/本、税金負担)
8	アルミ缶	60	200	お店の宅配で購入—お店が回収	自治体負担(約11円/本、税金負担)

b.2.2 調査手順

本研究における調査はインターネットによる調査形式と会場テスト形式の2つの方法で行った。それぞれの調査の概要は以下の通りである。

表 5.2 調査概要

調査形式	対象者	事前調査		情報提供後調査					グループ略称
		人数	方法	人数	方法	所要時間	情報内容	スライド枚数	
インターネット調査	主婦	372	インターネット	131	インターネット	-	容器情報	10	主婦1
				127		-	環境基礎情報+容器情報	26	主婦2
	377	138		-	容器情報	10	学生1		
		141		-	環境基礎情報+容器情報	26	学生2		
会場テスト	主婦	44	郵送	21	会場テスト	20	容器情報	19	主婦1
				19		40	環境基礎情報+容器情報	46	主婦2
	41				20	容器情報	19	学生1	
					40	環境基礎情報+容器情報	46	学生2	

※会場の所要時間のうち、回答時間は約10分である。

(インターネット調査)

インターネットモニターで学生及び主婦それぞれ約600名ずつを対象として、全員に対して環境情報を与えない事前調査を平成16年7月16~26日に1回、学生と主婦をさらに

それぞれ 2 つのグループに分けて、異なる内容の情報を与えた後の調査を 7 月 23～27 日もしくは 8 月 6～10 日に 1 回、東京大学生産技術研究所会議棟にて実施した。1 つのグループにはビール容器に関する情報「利便性」「価格」「環境負荷」等（スライド 10 枚）のみを与え、もう 1 つのグループには「日本の環境の現状」「地球温暖化問題」「廃棄物問題」の 3 テーマに関する環境基礎情報（スライド 16 枚）を提示した後、ビール容器に関する情報（スライド 10 枚）を与えて調査を実施した。

（会場テスト）

学生及び主婦それぞれ約 40 名ずつを対象として平成 16 年 7 月 16～26 日に郵送で事前調査を行い、属性情報等の把握とともにアンケート調査を行った。同一の対象群をさらに 2 つのグループに分けて 8 月 5～6 日に東京大学生産技術研究所会議棟にて会場テスト（CLT：Central Location Test）を実施した。1 つのグループにはビール容器に関する情報「利便性」「価格」「環境負荷」等のみを与え、もう 1 つのグループには「日本の環境の現状」「地球温暖化問題」「廃棄物問題」の 3 テーマに関する環境基礎情報（スライド 27 枚）を提示した後、ビール容器に関する情報（スライド 19 枚）を与えて調査を実施した。

b.2.3 調査結果

（インターネット調査）

主婦 258 名、学生 279 名、合計 537 名の対象者に情報提供前と情報提供後のアンケート調査を行った（信頼係数：95%、誤差：4%）。カード番号の出現回数を分析した結果、1 番目に選択されるカードの出現数の分散値が情報提供前 3385、情報提供後が 4743 と他に比べて圧倒的に大きかった。これは早い段階で選ばれるなんらかの要因があるものと推測される。ここで、一番目に選ばれたカードの出現数が事前事後で差があると考えてよいのかを検定するために χ^2 検定を行った。自由度 7、有意水準 5%（ χ^2 値 14.07）に対して、提供情報が多い調査の場合、19.88、少ない場合で 7.82、インターネット調査全体では 25.35 であった。インターネット全体調査及び提供情報が多い場合に、一番目に多く選ばれるカードに何らかの要因が効いていることが示唆された。提供情報が少ない場合は差がなく、与えられた情報の中の要因は効かなかったものとする。

一番目に多く選択されたカードと出現数の関係を図 1 に示す。インターネット全体調査で情報提供前に一番目に選ばれたのはカード 3 で出現数が 165、二番がカード 1 で 157 であった。情報提供後は、順番が入れ替わり、カード 1 が一番目で 228、カード 3 が二番目の 115 であった。

選択されたカードから次のようなことが推測される。カード 1 と 3 の共通点から回答者の要求は、価格は安く、購入廃棄の方法はお店で購入し空容器は資源回収に出す、またリサイクルコストはメーカー負担を望む、であった。また、情報提供前はアルミ缶入りビー

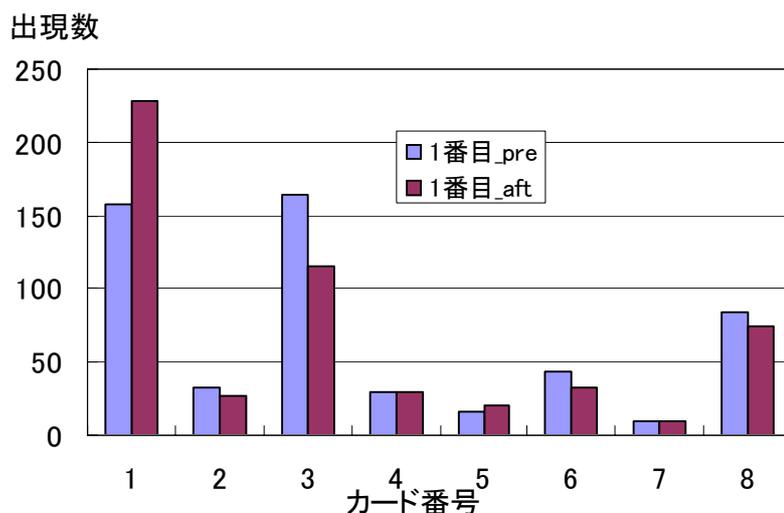


図 5.5 一番目に選択されたカードと出現数

ルを購入し空容器はCO₂排出量 120 g のリサイクルに出すという選択から、情報提供後はガラスびん入りビールで空容器はCO₂排出量 60 g と少ないリユースに変化した。

(会場テスト)

主婦 40 名、学生 39 名、合計 79 名の対象者に情報提供前と情報提供後のアンケート調査を行った。母数は十分ではないが、参考までに会場テストもインターネットと同じ分析を試みた。情報提供前は、1 番に選択したのがカード 3 で出現数は 21、2 番がカード 5 で 20 であった。情報提供後は、カード 1 が 40、カード 3 が 14、カード 5 は 9 であった。これはインターネット調査と同じく、カード 1 と 3 の入れ替わりがあり同じ傾向が確認された。

c. 考察

今回の調査において、提供情報の量が回答者の選考に影響を与えることがわかった。容器情報及び環境基礎情報の提供によって、缶趣向がびん趣向へ、リサイクル趣向が CO₂ 排出の少ないリユース趣向に変化した。この傾向は会場テストにおいても同じであった。また、回答者の共通した要求は、価格は安く、購入廃棄の方法はお店で購入し空容器は資源回収に出す、またリサイクルコストはメーカー負担することであった。

環境調和型製品を普及させることは、持続可能な消費を実現する上で重要な課題である。消費者が製品を選択する場合には、環境側面のみならず利便性等の他の側面も考え、総合的に判断すると考えられる。しかし、環境に関する情報が消費者に十分に与えられていないために、環境側面を考慮した選択をすることができないでいる可能性も高い。本研究では、昨年度、製品及び環境に関する情報を与えることによって、消費者の意識とその行動がどのように変化するかを調査した。今年度は、行動に変化を与えた要因と思われる属性及びその水準を選定し、被験者の選好度を定量的に把握する分析をした。その結果、環境

情報提供によって環境問題を正しく理解したときには、有効であることが分かり、日常生活における商品選択等において環境負荷を低減するための行動を取ることが分かった。

この研究成果を元に、リターナブルのガラスびんの維持拡大策が検討されるべきであろう。具体的には、リユースによる CO₂削減という地球温暖化防止効果や価格の安さを PR し、資源回収を利用したリターナブルびんの回収システムを開発するなど挙げられる。

d. まとめ

ビール容器に関するワークショップ調査及びコンジョイント調査を通じて、対象者の職業等の属性や環境への関心度と、提示する情報の内容との組合せによって環境情報の提供による意識・行動の変容効果は異なること、すなわち、環境情報提供の目的に応じて、対象者の属性等と情報内容の組合せを考慮する必要があることが示された。

また、10～20 分程度のコンパクトな情報提供でも、会場テスト等直接相対する情報提供手段を採ることで環境意識の変容に有効であることが示唆された。

e. 今後の課題

今後の課題としては、以下の項目が挙げられる。

- ・ 対象者属性に応じた環境教材の作成、環境情報提供手段の検討
- ・ WEBを活用した簡便な情報提供手段の意識変容効果の向上
- ・ 他の対象者属性群における調査研究

(2)研究成果の今後期待される効果

一般市民の情報による意思決定の最終的な調査を目的として、消費者によるリターナブルびんの受け入れを課題としたワークショップ（計 3 回）を開催した。ビールの容器（リターナブルびん及びアルミ缶）について様々な情報提供を行った後、市民の意識変化を記録した。その結果、リターナブルびんの選択に対する阻害要因として、消費スタイルや価値観、環境教育、市民・企業・行政それぞれの役割等多岐にわたる課題が抽出された。また、提供した他分野の情報において、環境に関する情報が消費者にとってどの程度の優先順位を取るかについて知ることができた。このようにして得られた知見は、今後の環境分野における社会学的調査において大いに助けになると考えられる。

参考文献

- [1] ガラスびんリサイクル促進協議会ホームページ<<http://www.glass-recycle-as.gr.jp/>>
- [2] アルミ缶リサイクル協会ホームページ<<http://www.alumi-can.or.jp/>>
- [3] 「LCA 手法による容器間比較報告 改訂版」, 容器間比較研究会, 2001

3. 1. 6 パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査

(1)研究内容及び成果

a. 調査の目的と内容

a.1 調査の背景と目的

地球環境問題の解決のためには、一般の市民が環境問題を正しく理解し、日常生活において環境負荷を低減するための行動を取る必要がある。そのため、一般市民の環境に関する認識の度合いや環境配慮意識・行動について把握すること、また、環境情報の提供が環境意識に及ぼす効果を把握することを目的として、環境関連の展示会においてPCを用いた環境情報の提供と意識調査を実施した。また、今回の調査結果を基に、環境問題に対する効果的な学習ソフトウェアについて検討を行った。

a.2 調査の流れ

調査は以下の手順で行った。

- 1)予備実験:北九州市エコタウン事業における環境学習コーナーを利用させて頂き、調査用コンテンツの作成及びオンラインを用いたアンケートの実験調査を実施した。
- 2)調査コンテンツ作成:上記結果を元に本調査用のコンテンツ及びデータ収集用プログラムを作成した。
- 3)アンケート調査:大阪、北九州、東京の3ヶ所で開催された環境関連展示会において、会場でアンケート調査を実施した。
- 4)分析:収集データを元に分析を実施した。

a.3 調査コンテンツの内容

提供した情報と質問内容を以下に示す。

- ・フェイスシート(環境への関心、性別、年齢、職業)
- ・ 20～30年前と比べ身の回りの環境は良くなっているか、悪くなっているか
- ・ 情報提供
- ・ 調査後の環境意識

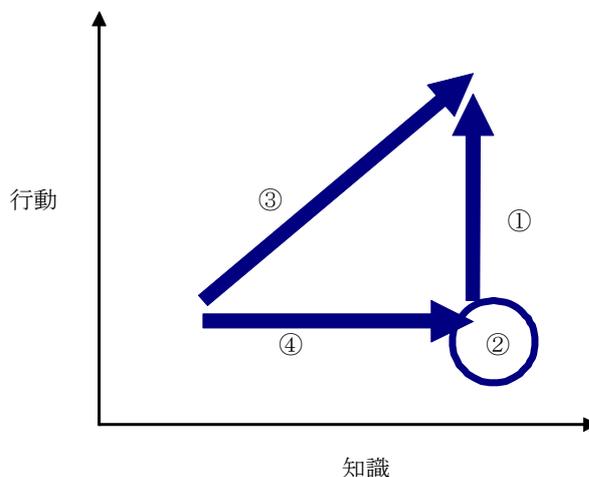


図1 学習効果の考え方

c. 分析結果

c.1 調査対象者の特性

各会場におけるアンケート回答者は以下のとおりであった。

- ・大阪会場 1339 名
- ・北九州会場 1037 名
- ・東京会場 2012 名
- ・合計 4388 名

c.2 環境問題の学習効果

選択肢の回答	図の位置	理解の効果	行動への効果
a-1 そんなの当たり前!			① なし あり
a-2 そこまではちょっと			② なし なし
a-3 目からウロコ			③ あり あり
a-4 それは本当?			④ あり なし

情報提供が環境を意識した行動のきっかけとしての効果をもたらすかについてを分析するために、後半部分のコンテンツ A①～F③を用意した。情報 A①～F③は以下に示すとおり、環境問題に関する個別の情報提供と、それらの環境問題を意識した生活を実践する気があるか否かという質問で構成されている。

(1) 学習効果の検討

これまでの結果をふまえて、学習効果については図 1 に示すような行動と知識の軸を想定して検討した。右方向へ矢印の動きがあった場合には「理解（知識）への効果」、上方向への動きがあった場合には「行動への効果」があったとみなすこととした。行動への学習効果の程度を数量化するために、各設問の回答者数から「効果を受けた（プラス方向）」と思われる割合と「効果を受けなかった（マイナス方向）」と思われる割合を、以下に考案した 2 式から求めることとした。

知ったことによる「行動への効果」あり = $\frac{③}{③+④}$ の値
(プラス方向)

知ったことによる「行動への効果」なし = $\frac{②+④}{①+②+③+④}$ の値
(マイナス方向)

上記の考え方に基づいて、学習効果の考え方をまとめたのが表 1 である。回答者の特性

(性別・年齢・職業・環境への関心の高さ)別に計算した値が、全体の平均値から5ポイント以上外れたケースを抜き出すこととし、プラス方向で効果の程度が高く、かつ、マイナス方向で効果の程度が低い場合は学習効果が高いグループとみなした。逆に、プラス方向で効果の程度が低く、かつ、マイナス方向で効果の程度が高い場合は学習効果が低いグループとした。また、プラス方向で効果の程度が高く、かつ、マイナス方向で効果の程度も高い場合は回答者群内が二極化したグループとみなした。さらに、プラス方向の効果程度もマイナス方向の効果程度も低い場合は反応が小さいグループとみなした。

表1 学習効果の考え方

プラス方向	程度高	かつ	マイナス方向	程度低	学習効果高い
プラス方向	程度低	かつ	マイナス方向	程度高	学習効果低い
プラス方向	程度高	かつ	マイナス方向	程度高	効果が高いグループと効果が低い二極化したグループ
プラス方向	程度低	かつ	マイナス方向	程度低	反応が小さい

表2に「3Rのすすめ」に関する学習効果の分析結果を示す。

学習効果が高いと判断されたのは、環境研究者のグループと環境をかなり意識するグループであった。学習効果が低いと判断されたのは、家事専業グループと環境を全く意識しないグループであった。反応が小さいのはその他グループであった。

表2 学習効果について(3Rのすすめ)

方向性	効果の程度	男女別	年齢	職業	関心
プラス	高	—	—	環境研究者◎ 高校生 大学生 自営業	かなり意識する◎ あまり意識しない
	低	—	66-	家事専業× その他△	全く意識しない×
マイナス	高	男性	26-35	家事専業× 会社員	全く意識しない× まあ意識しない
	低	女性	56-65	その他△ 会社役員 環境研究者◎	かなり意識する◎

◎：効果高い ×：効果低い □：二極化 △：反応が小さい

表3に「ミネラルウォーターの活用」に関する学習効果の分析結果を示す。

学習効果が高いと判断されたのは、大学教員、環境研究者、大学生のグループであった。学習効果が低いと判断されたのは、会社員管理職グループと環境を全く意識しないグループであった。反応が二極化したのは高校生グループであった。

表3 学習効果について(ミネラルウォーターの活用)

方向性	効果の程度	男女別	年齢	職業	関心
効果あり	高	男性	—	大学教員◎ 環境研究者◎ 大学生◎ 高校生□	—
	低	女性	46-55× 66-△	家事専業 会社員管理職×	全く意識しない×
効果なし	高	—	46-55×	会社員管理職× 高校生□	全く意識しない×
	低	—	66-△	大学教員◎ 大学生◎ 環境研究者◎ その他	—

◎：効果高い ×：効果低い □：二極化 △：反応が小さい

表4に「家庭のエネルギー消費、自動車について」に関する学習効果の分析結果を示す。学習効果が高いと判断されたのは、環境研究者、大学生、会社員管理職のグループであった。学習効果が低いと判断されたのは、会社員グループと環境を全く意識しない、あまり意識しないグループであった。反応が二極化したのは家事専業グループであった。

表4 学習効果について(家庭のエネルギー消費、自動車について)

方向性	効果の程度	男女別	年齢	職業	関心
効果あり	高	—	—	環境研究者◎ 大学生◎ 会社員管理職◎ 自営業 家事専業□	まあ意識する
	低	—	36-45 56-65 66-	会社員× 高校生 会社役員 その他	全く意識しない× あまり意識しない×
効果なし	高	—	—	会社員×	全く意識しない×

				家事専業□	あまり意識しない ×
	低	—	66-	会社員管理職◎ 環境研究者◎ 大学生◎	かなり意識する

◎：効果高い ×：効果低い □：二極化 △：反応が小さい

表 5 に「家庭のエネルギー消費、家電」に関する学習効果の分析結果を示す。学習効果が高いと判断されたのは、56-65 オグループと会社役員、大学生、家事専業のグループ及び環境をかなり意識するグループであった。学習効果が低いと判断されたのは、環境を全く意識しない、あまり意識しないグループであった。反応が小さかったのは環境研究者グループであった。

表 5 学習効果について(家庭のエネルギー消費、家電)

方向性	効果の程度	男女別	年齢	職業	関心
効果あり	高	—	16-25 56-65◎	会社役員◎ 会社員管理職 大学生◎ 家事専業◎	まあ意識する かなり意識する◎
	低	—	26-36 66-	自営業 環境研究者△ その他	あまり意識しない× 全く意識しない×
効果なし	高	—	—	高校生	全く意識しない× あまり意識しない×
	低	—	56-65◎	大学生◎ 会社役員◎ 家事専業◎ 環境研究者△	かなり意識する◎

◎：効果高い ×：効果低い □：二極化 △：反応が小さい

環境研究者と大学生グループは4テーマ中3テーマで学習効果が高かった。逆に、「環境を全く意識しない」グループでは4テーマいずれでも学習効果が低かった。また、性別や年齢による学習効果の違いは顕著ではなかった。

d. 考察

I. 環境問題の認識

本調査により、性別や年齢、職業などのプロフィールの違いにより環境問題への認識度が

異なることが明らかとなった。性別の違いに着目すると、環境問題と近い問題と考えられる健康問題とでは、男女間で認識の違いがみられた。環境問題の認識が正しい割合が高かったのが男性、健康問題の認識が高かったのが女性との傾向である。年齢の違いでは、環境問題・健康問題ともに、全般的に年齢が高くなるにつれて正しい認識の割合が高くなる傾向がみられた。職業の違いからは、環境研究者や大学教員といった専門家の正しい認識率が高かったのは当然といえるが、会社経営者、自営業者、会社管理職の正しい認識率も概して高かった。これは、環境専門の展示会会場におけるアンケート調査という特殊性から、環境を職業としたプロフェッショナル層が回答者の多くを占めていることによると考えられる。小・中・高校生は概して正しい認識率は低かった。同時に小・中・高教員も正しい認識率は低かった。小・中・高教員は環境問題の認識度は低かったが、健康問題の認識度はトップレベルであった。男女別の女性と似た傾向を示しているのだが、教員には男性も含まれており、教員という職業独特の特徴と考えられる。職業柄、環境や健康に関する情報には注意していると考えられ、(環境展に引率で来るという点からも)意識は高いと思われることより、マスコミ等の過剰報道を基に「環境は悪くなっている」という考えが既成概念化されているといえるのかもしれない。

II. 学習効果

学習効果の現れ方の違いに関しては、性別や年齢による違いよりも職業や環境への関心の違いによるところが大きいと示唆された。学習効果については、年齢が高くなるほど意見を変えることが難しくなり、学習効果が低くなるのではないかと予想されたが、顕著な違いは見られなかった。また、若年層の学習効果について高くなることも期待したが、大学生で効果が見られた以外には、高校生・中学生での効果は期待したほどではなかった。短時間で提示された情報に対する理解度との関係で違いが出たとも考えられるが、今回の調査でそこまでは明らかにできなかった。学習効果の高かった職業として、環境研究者や大学生が挙げられたが、大学生も環境関係展示会に来ているという限定付きであることから、環境への関心が高いグループと考えられる。環境への関心が高く、知識の吸収力の高い層に対する学習効果が高くなることが示唆され、市民リーダ的な存在へ導くようなワンステップ高い環境学習への期待が持てるのかもしれない。

(2)研究成果の今後期待される効果

本調査により、環境問題の認識状況と環境問題を意識した行動に結び付けていくための学習の効果については、対象者の特性により異なっていることが明らかになった。これまで世の中に出ている環境学習教材は、年齢以外の点では対象者に応じた内容の違いには大きな配慮はされていないものが多い。今回、実験で試作した学習コンテンツは、対象者のプロフィールに応じて提供する情報を変えることが可能につくりになっていることから、対象者別に学習ポイントを絞り込むことでより高い効果が得られることが期待される。

また、もともとの環境意識の高さにより学習効果の差も大きく異なることが示唆されたので、対象者の意識の高さに応じて、基本的な情報を教えるレベルから環境行動に結びつける高い意識へ持っていくレベルまで、学習効果による到達点を変えるような配慮が必要と考えられる。

特に、小中高の教育関係者の環境観については、意識が高くても間違った認識に陥っている現状が垣間見えることから、さらなる詳細調査や意識改革に取り組んでいくべき必要があると思われる。

3. 1. 7 環境情報伝達のためのリスク分析およびインパクト解析手法の開発

(1)研究内容及び成果

<使用済み水銀蛍光灯による環境影響>

[目的]

近年、EUにおけるRoHS指令を中心として水銀含有製品の規制が進んでおり、多くの製品について廃棄方法や使用に関する法令が整備されている。しかしながら、国内において市販品として販売・使用されている水銀蛍光灯に関しては、一般廃棄に対する規制が厳密ではない。そこで本研究では、水銀蛍光灯に含まれる水銀の人体及び生態への影響について検討し、廃蛍光灯の処理方法による水銀の毒性影響およびエネルギー消費の違いについて考察した。

本研究では目標としては既存の有害物質のインパクトアセスメントの方法論を分析し、最終的には「時間消費法」に有害物質の取り扱いを組み込むことを目的とし、検討課題として廃水銀蛍光灯の処理における比較を行う。

[方法]

廃棄後の蛍光灯中の水銀の拡散について Figure 1 に示した。

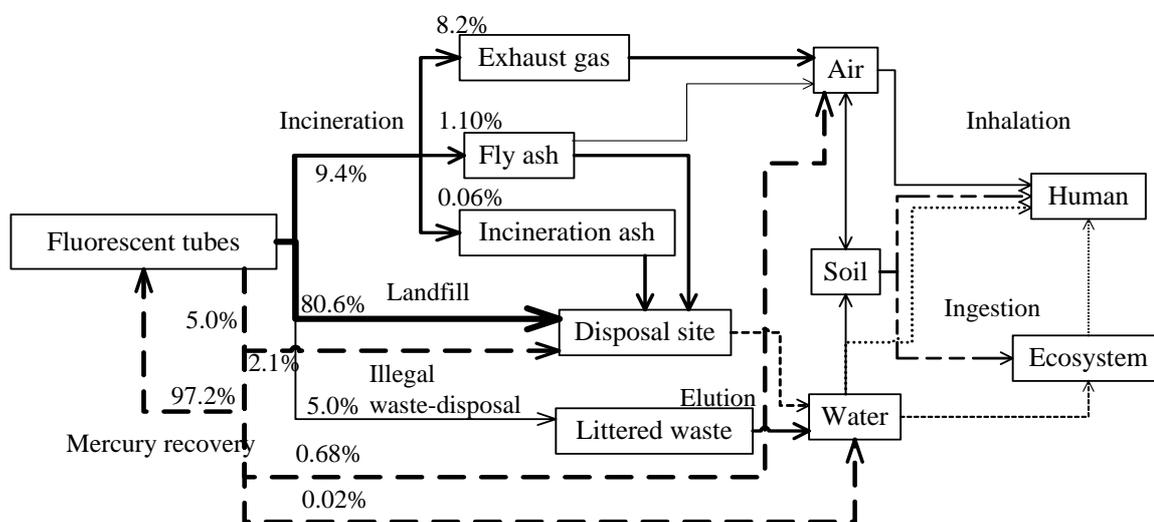


Figure 1 Material flow of mercury contained in fluorescent tube

廃棄物に含有される水銀化合物の挙動に関して、埋め立てられた廃棄物や焼却灰からの溶出については、処分場に遮水構造が作られているため土壌への放出は起こらないものと考えられる。飲料用水については水質基準があるため、水道水および地下水からの直接摂取による影響は考慮しないこととした。ここでは、使用済み水銀蛍光灯の焼却に伴う大気からの吸引摂取による影響について示すこととした。

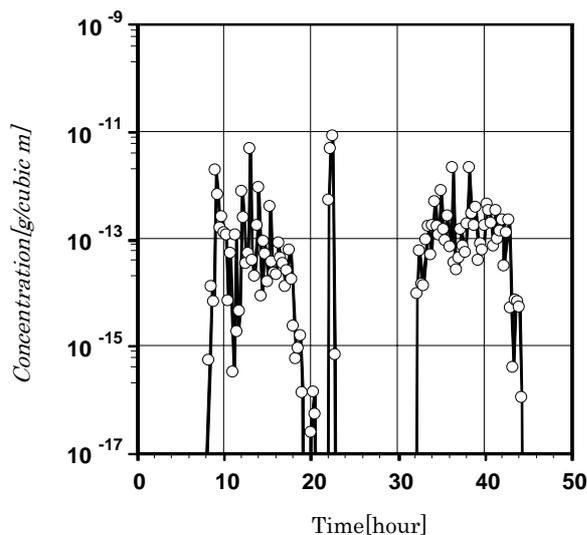


Figure 2-1 Airborne Concentration (Shibuya)

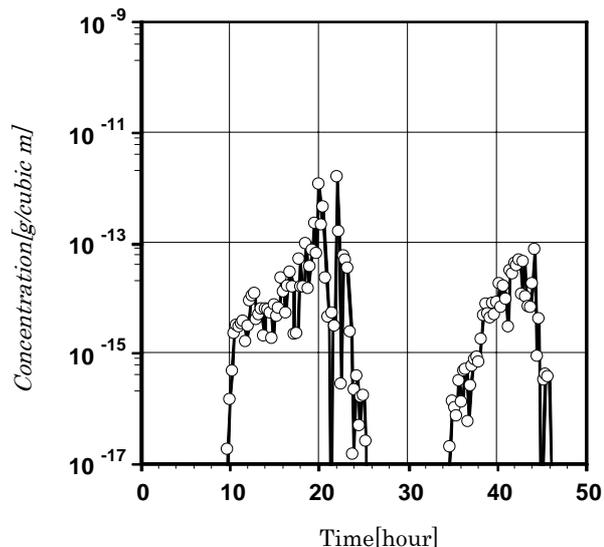


Figure 2-2 Airborne Concentration (Kawagoe)

大気への水銀蒸気および微粒子の拡散の計算には、RAPTAD(Random-Puff Transport and Diffusion)(Lagrange タイプモデルとパフモデルの組み合わせ)を使用し、meso スケールの気象モデルには HOTMAC (Higher Order Turbulence Model for Atmospheric Circulation)を使用した[1]。この調査に使用された RAPTAD は、モンテカルロ法に基づく移流流行伝播モデルである。

計算の範囲としては、東京 23 区を設定した(水平方向 100km×100km, 北緯 36.017 度と東経 139.411 度を全域の南西の角とした)。この領域においては、廃棄物処理施設が密接に位置する。無機水銀の人体における体内代謝では、経口摂取では約 15 %, 吸引摂取では約 20 %が血中に吸収される[2]。無機水銀の血中半減期は約 50 日程度である。これらのデータをもとに、廃棄段階における使用済み水銀蛍光灯の処理により大気中へ放出される水銀の吸引暴露についての算出を行った。

[結果および考察]

Figure 2-1 および 2-2 に、焼却による使用済み水銀蛍光灯に含まれる水銀の大気中への拡散濃度を示した。水銀の大気濃度は焼却サイトの密集する地点（渋谷周辺）において最大値を計上したが、バックグラウンド値の 10^5 倍程度の影響であった。また、この計算結果について、水銀の体内半減期を使って、得られた濃度を定常的であると仮定した場合の一日摂取量の増加は、一般的な一日平均摂取量に対して 10^5 から 10^6 となった。さらにこのシミュレーションの結果、与えられた条件下において、血中水銀濃度は最大値で最小影響量 (LOAEL) のおよそ 10^5 程度となることが見積もられた。このような手法により、重金属を含む使用済み製品の処理による大気環境への影響の予測が可能となることを示唆する。

このような水銀の環境への拡散を抑制するためには、使用済み水銀蛍光灯の収集、および水銀の回収・再利用が効果的であると考えられる。

しかしながら、使用済み水銀蛍光灯の収集、水銀の回収・再利用には、従来の処理と比較してより多くのエネルギーを必要とする。この計算で用いたマテリアルフロー解析の手法を用いることにより、さまざまな回収率を仮定した有害金属の環境（大気系、水系）への排出量と同時に、各処理プロセスにおけるエネルギー使用、ならびに処理に伴い発生する廃棄物量についても算出することが可能となる。

今後は経口摂取による影響も合わせて算出し、LCA に組み込めるような形で暴露影響を表現できるように研究を継続する意向である。

参考文献

- [1] Mellor, G. L., and Yamada. T. (1974). A Hierarchy of Turbulence Closure Models for Planetary Boundary Layer. *Journal of Applied Meteorology*, 13(7), 1791-1806.
- [2] “Mercury Health Effects Update”, Environmental Protection Agency, 1984, 4-32, EPA-600/8-84-019F

<時間消費法による LCIA 手法の開発～容器間比較への応用>

[研究の背景]

(LCA について)

ライフサイクルアセスメント（LCA: Life Cycle Assessment）とは原材料の調達から設計・製造、使用、リサイクル、そして最終的な廃棄物処分（製品のライフサイクル）にわたる製品の環境負荷を定量的に評価し、さらに製品の潜在的な環境影響を評価する手法を指す。

LCA は具体的には第1段階の目的および調査範囲の設定、第2段階のライフサイクルインベントリ（LCI）

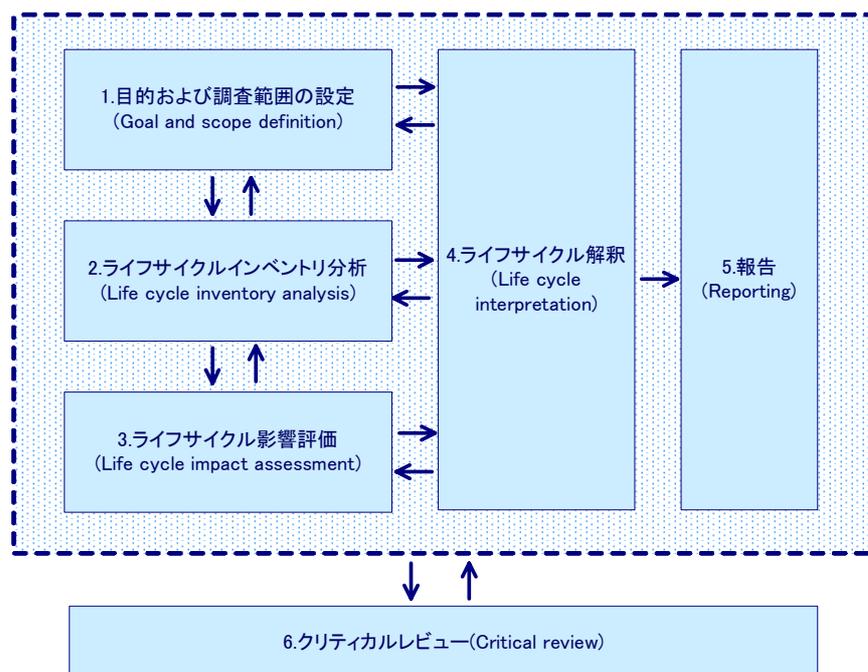


Fig.1 LCA の概念

分析, 第3段階のライフサイクル影響評価 (LCIA), 第4段階のライフサイクル解釈, 第5段階の報告, 第6段階のクリティカルレビューから成る。現在ではまだ第2段階のインベントリの時点でのライフサイクルインベントリ (LCI) を用いる場合がほとんどである。LCA の専門家は LCI のデータである程度環境影響を判断することが可能であるが, 一般のステークホルダーにとってはこのような LCI による表現は理解しづらいと考えられる。

(LCIA について)

現状では LCA の中心は LCI であり, 環境負荷項目が多くない場合にはインベントリデータでの評価も可能であるが, 実際の製品の LCI では環境負荷項目が膨大になる。そこでインパクト評価を行うことによって指標を統合化し, より理解しやすいライフサイクル

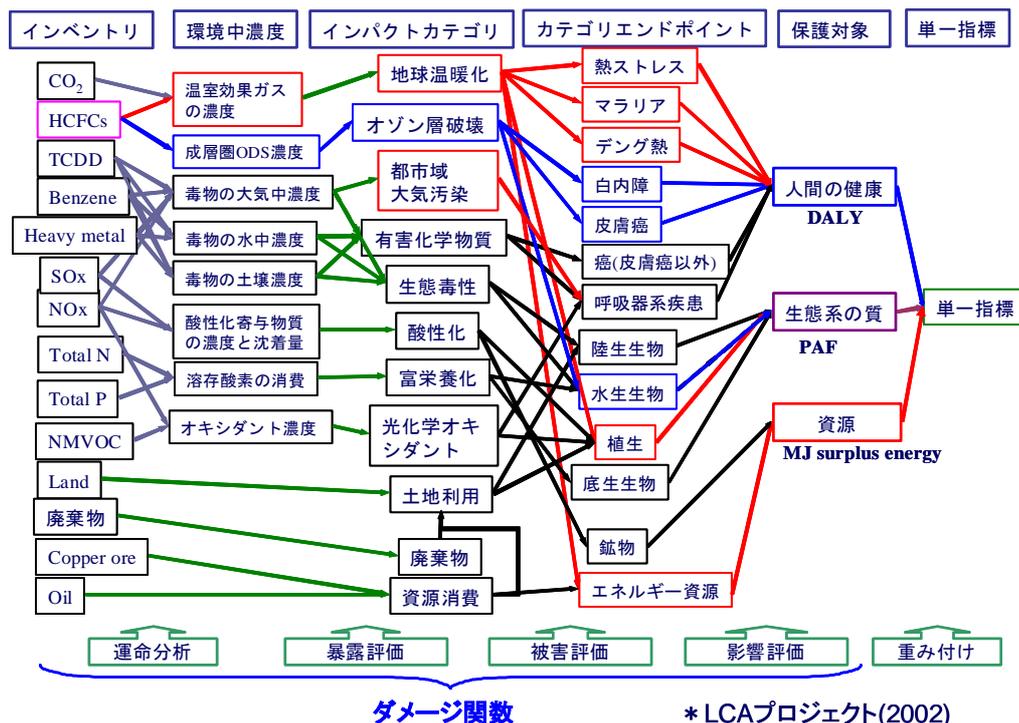


Fig.2 エンドポイント手法の概念 (被害算定型影響評価システムの例) インパクトアセスメント (LCIA) の形式で表現することが必要となる。

LCIA の手法は大きく分けてエンドポイント手法とミッドポイント手法の2種類に分類される。

・エンドポイント手法

エンドポイント手法とは環境負荷の物質量を最終的に被害を受ける対象まで因果関係モデルを構築する手法である。係数を科学的に決定するため, モデルや算出方法がクリアなのが特徴である。しかしながら現時点で解明されている現象しか議論できないという問題点がある。エンドポイント手法の例としてオランダの「Eco Indicator 95/99」, スウェーデンの「EPS2000」, そして産環協で行われている「被害算定型影響評価システム」などが挙げられる。

・ミッドポイント手法

LCIA のもうひとつの手法であるミッドポイント手法は、モデルの途中からパネルやアンケートを用いて評価する手法である。モデルの自由度が高いため、「曖昧さ」を加味しやすいという特長がある。しかしアンケート方法やデータ集計の方法が未確立であるため係数決定に問題が残されて

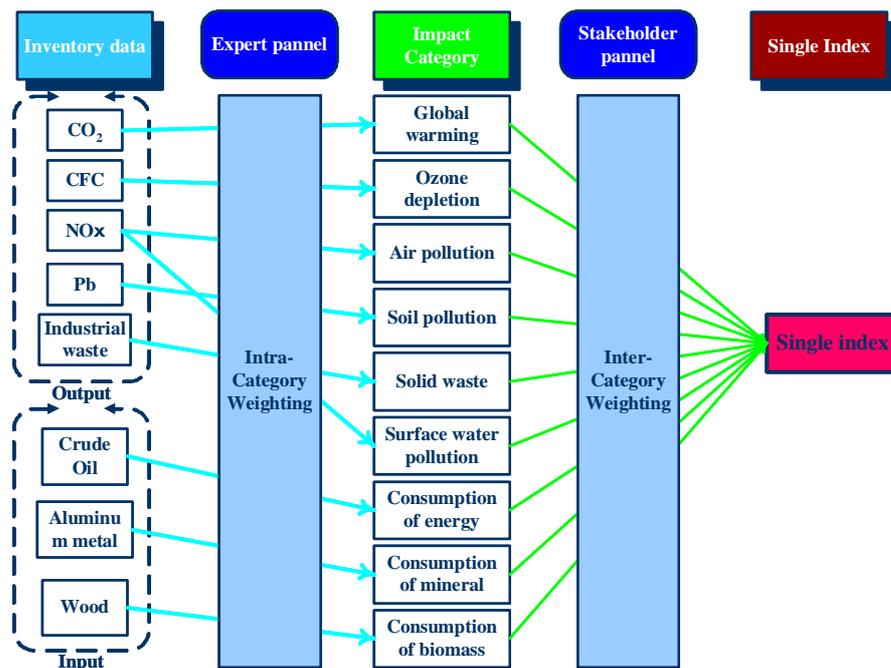


Fig.3 ミッドポイント手法の概念 (一例)

いる。ミッドポイント手法の例としてスイスの「エコポイント」、早稲田大学工学部の永田による「パネル法」、そして東京大学安井による「時間消費法」が挙げられる。

現時点ではエンドポイント手法、ミッドポイント手法ともに利点および欠点があり、どちらが優れているかという結論を出す段階ではない。しかし、「比較的自由度の高いアンケート方式を用いて、市民全体の環境政策のための意思を集約する」という観点からの取り組みであれば、それ自体に社会的な意義があるという考えに基づき、「時間消費法」を用いた LCIA 重み付け係数決定を試みた。

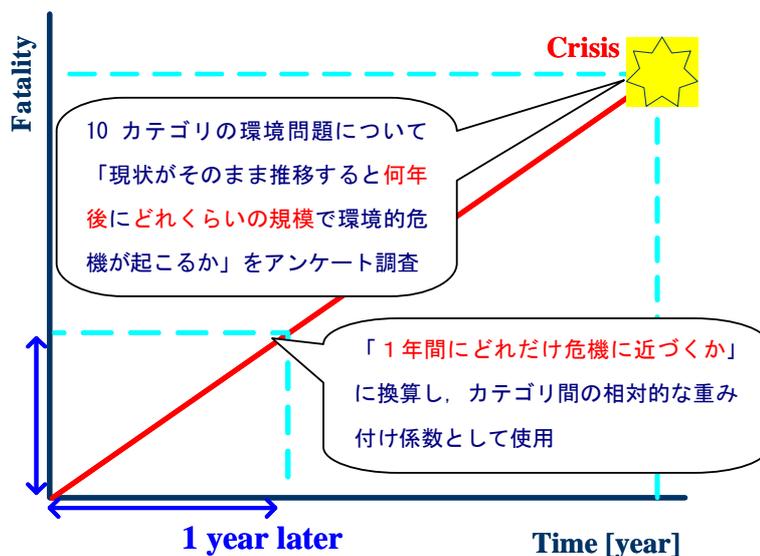


Fig.4 時間消費法の概念

[理論と方法]

- ・「時間消費法 (TCM : Time Consumption Method)」の概念

時間消費法における係数決定の内容について説明する。具体的には、まず各カテゴリに関して何らかの危機が何年後にどのくらいの規模で起こるかを一般市民を対象にアンケート調査を行う。危機の大きさはそれぞれのカテゴリとの相対値となる。得られた結果をもとに今後1年あたりどれだけ危機に近づくかについて各環境カテゴリ間において相対的に重み付けをすることが可能になる。

Table 1 時間消費法で考慮するカテゴリおよび物質

Category	Substance
Global warming	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC134a, HFC else, PFC, SF ₆ , CFC-11, CFC-12, <i>et cetera</i>
Ozonelayer depletion	CFC-11, CFC-12, CFC-113, HCFC-22, HCFC-123, <i>et cetera</i>
Air pollution /Acidification	SO _x , NO _x , CO, Dust(SPM), PAH, CH ₄ , VOC, <i>et cetera</i>
Soil pollution	Cadmium, Chromium(VI), Cyanide, Fluorine compound, Zinc, Lead, Mercury, Copper, Organophosphorus compound, Organochlorine compound, Arsenic, <i>et cetera</i>
Solid waste	(Total weight)
Consumption of energy	Crude oil, Coal, Natural gas, Uranium, <i>et cetera</i>
Consumption of biomass	Wood(Plantation, Rainforest), Freshwater(Surface, Ground), Crop, <i>et cetera</i>
Consumption of mineral	Nonferrous metal, Precious metal, Rare metal, Arsenic, Phosphor, Cadmium, Zirconium, Manganese, <i>et cetera</i>
Surface water pollution/ Nutrient enrichment	BOD, COD, n-Hex, SS, Cadmium, Chromium(VI), Cyanide, Fluorine compound, Phosphorus compound, Zinc, Lead, Mercury, Nitrogenous substance, Copper, Organophosphorus compound, Organochlorine compound, Arsenic, <i>et cetera</i>
Other matters	Malodor, Landscape, Light pollution, Noise pollution, Vibration pollution, Electromagnetic pollution, Waste heat, Radiation, Occupational safety

- ・「時間消費法 (TCM :Time Consumption Method)」を用いた LCIA 実施の手順

実際の係数決定の手順は次のようである。まず、表に示した 10 カテゴリの環境問題について、先ほどの図で説明したように、「現状がそのまま推移すると、何年後かに何らかの環境的な危機をむかえる」と仮定し、アンケート調査を行った。

次に、アンケートの回答値を使ってカテゴリ間の重み付け係数“Wi”を算出した(図の一般者パネルに相当)。最後に GWP や可採年数、環境基準値などを用いて各カテゴリ内項目の重み付け係数を決定した。カテゴリ間重み付け係数 Wi と時間消費量 E_{TCM} を式で表すと次のようになる。

$$W_i = \sum_j^n \left(\frac{R_{ij} / T_{ij}}{\sum_m^{10} (R_{mj} / T_{mj})} \right) / n$$

Wi: カテゴリ間の重み付け係数

E_{tc_m}: 時間消費量

i,m: 環境カテゴリ

K,p: カテゴリ内の項目

j: 回答者

$$E_{tc_m} = \sum_i^{11} \left[W_i \times \sum_k \left\{ \frac{I_{ik} \times C_{ik}}{\sum_p (A_{ip} \times C_{ip})} \right\} \right]$$

R_{ij}: i カテゴリ, j 回答者の「致命度」回答値

T_{ij}: i カテゴリ, j 回答者の「危機発生までの年数」回答値

n: 回答者数

I_{ik}: i カテゴリ, k カテゴリ内項目のインベントリ値

C_{ik}: i カテゴリ, k カテゴリ内項目の重み付け係数

A_{ip}: i カテゴリ, p カテゴリ内項目の環境負荷年間全
使用量 or 全排出量

時間消費量, E_{tc_m} は, 年間の全環境負荷量に対する比率に相当する。

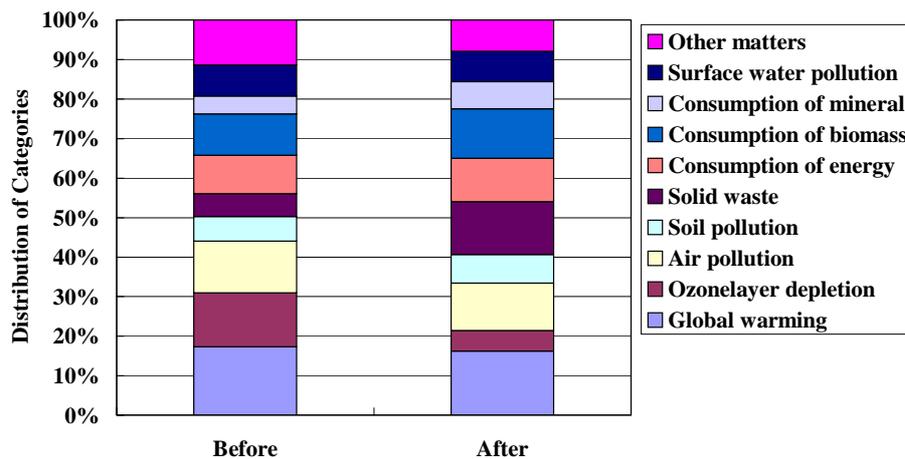


Fig.5 時間消費法のインパクト係数 (平均値)

[結果]

インパクト係数の決定

アンケートの結果を図に示す。講習の前後の変化としては、主にオゾン層破壊と「その他」の係数が小さくなったことと、固形廃棄物、再生可能資源枯渇の係数が大きくなったことが挙げられる。

ケーススタディへの応用

上のように求めた係数を用いて、容器における環境影響の比較を行った。

[考察]

実際のインベントリデータを用いた計算ではCO₂排出の影響が大きくなりやすい。排出重量の大きい水と比較してもCO₂の影響が反映される傾向にあったため、重み付けの役割を果たせていると考えられる。カテゴリ内の項目が少なかった「大気汚染」については、1つの項目についての重み付けが大きくなってしまった結果となった。以上のような方法により、時間消費法のカテゴリ間の重み付け係数を決定することができた。

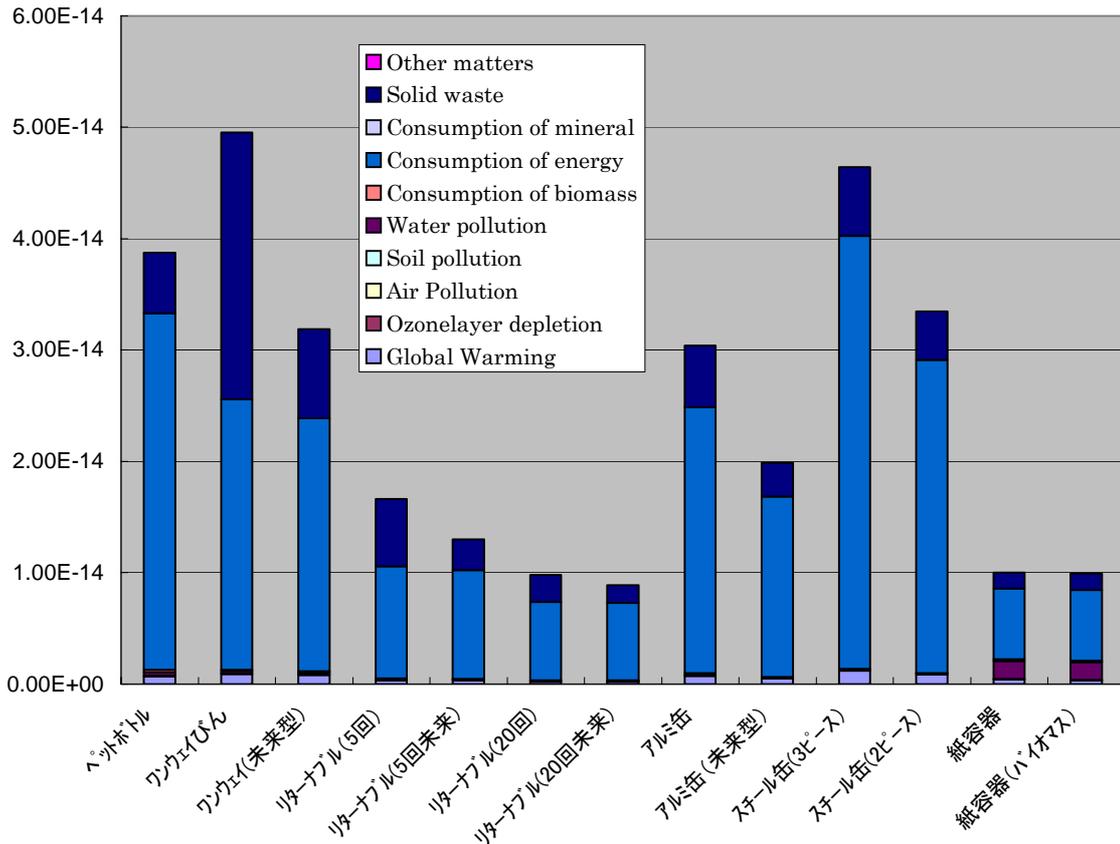


Fig.6 時間消費法による容器間の環境影響比較

(2)研究成果の今後期待される効果

以上のうちリスク評価に関する研究は、一般市民へのリスクコミュニケーションを行う際の情報提供の一助となることが期待される。また時間消費法に関する研究は、市民に環境情報を提示する際に理解しやすい表現を可能とすると考えられる。

3. 2 情報伝達ツール開発のための消費者のトレードオフ情報に対する反応に関する研究（山本グループ）

(1)研究内容及び成果

3.2.1 はじめに

環境に関する研究は、他の理学・工学的研究とは異なった側面を有している。一般的な理学・工学研究では、基礎・応用・実用化の段階があるが、環境学ではそれに加えて、「社会への適用」が不可欠である。環境学は理学的な研究のように、研究を行い新たな真理を発見することが目的ではない。環境学では得られた知見を最終的にいかにして社会に適用していくかが問題となる。すなわち、社会的に受容され得ない研究を環境学の範疇で研究することに意味はない。しかし、この社会的な受容性は非常に不安定なものであり、個人的な価値観、経済状況、持っている情報量などによって大きく異なる。例えば、現在ではゴミの分別を行うことが常識として認識されている。しかし、10数年前には、ゴミを分別することは社会的に受容されておらず、消費者に対してゴミを分別することによって得られる埋め立て処分場の残余年数の増大量などを伝達するといった、啓蒙活動によって、社会的に受容されるようになったのである。このように、社会的な受容性は啓蒙活動などにより変化し得るものである。このような変化を環境的に適切な方向に誘導するためには、環境学によって得られた知見をどのようにして社会が受容可能な状態に持って行くのかについての研究を行うことが望まれる。そこで問題となるのが環境問題を解決するためには必ず発生するトレードオフの問題である。一般社会が望んでいる環境問題の解決とは、現時点では予防原則をもとにした、リスクゼロの社会であると考えられる。しかし、現在の生活の質を保ったまま、リスクゼロ社会を築くことは不可能であるし、リスクゼロ社会を築くことを目的とした社会は破綻することは必至である。この問題は、ダム建設でたとえるとわかりやすい。確率的に千年に一回しか起こらない洪水を防ぐために多額の税金を投入し、巨大なダムを築き洪水を予防する社会がリスクゼロの社会であるとしたら、トータルリスクミニマムの社会はそのようなダムは築かずに、100年に一回起こることが予測される洪水については予防的な措置を行うが、発生確率がそれ以下の洪水については洪水のリスクを許容する社会である。ダム建設などでは、トータルリスクミニマムの考え方が受け入れられているが、環境問題になると途端にリスクゼロ社会を目指そうとしてしまうのが現在の一般的な認識である。環境問題を解決するとは、全体のリスクを最小化した社会、すなわち、リスクを問題のない範囲で管理し、消費者がそれを許容することができる社会であるという考え方に移行する必要がある。

上記で述べたような、トレードオフに関する情報を一般消費者がどのように認識し、最終的な判断を行うかについての研究は進んでいない。トータルリスクミニマムな社会を構

築するためには一般消費者のトレードオフ情報の適切な扱いが必要である。そこで、本研究では社会がトレードオフ情報をどのように認識し、判断を行うのかについての研究を行うことによって、トータルリスクミニマムの考え方を社会的に受容可能な状態にするための基礎的な研究を行った。

3.2.2 アンケート手法の概要

消費者がトレードオフを持った情報を与えられた場合にどのような判断を行うかについて知るために、アンケート調査を行った。アンケートの実施方法は環境展の展示会会場にパソコンを設置し、開発したアンケート用ソフトを用いて行った。

1) 鉛フリーはんだと鉛はんだのトレードオフ情報を用いたアンケート調査

鉛フリーはんだと鉛はんだのトレードオフ情報を提示し、この情報に対して回答者がどのように反応するのかについて詳細な分析を行うこととした。現在、新聞などの多くのメディアを通じて鉛はんだの有害性についてはよく知られている。しかし、鉛はんだには鉛フリーはんだよりも優れた側面も有している。本研究では、鉛はんだの優れた点と鉛フリーはんだの優れた点に関する情報を2つずつ順序を変えて提示することによって、回答者がどのようにトレードオフ情報を取り扱っているのかについて研究を行った。

調査画面は図1の通りである。アンケートは鉛フリーはんだを使用した電機製品と、鉛はんだを使用した電機製品のどちらをアンケート回答者が選択するのかについて聞いた。まず、何の情報も与えない状態でどちらを選択するのかについて聞く、次に下記のトレードオフデータを与えた場合について回答の変動を見ることとした。

i. 製造コストに関する情報

鉛フリーはんだの製造コストは、鉛はんだの2.25倍かかる。

ii. 鉛溶出量に関する情報

鉛はんだ製品からのなまり溶出量は鉛フリーはんだからの溶出量の4.1倍である。

iii. 耐久性に関する情報

鉛フリーはんだ製品の耐久性（寿命）は、鉛はんだ製品の耐久性の約1.2倍である。

iv. 製造エネルギーに関する情報

鉛フリーはんだの製造エネルギーは、鉛はんだの製造エネルギーの1.15倍大きい。

以上の情報をアンケート回答者に順番に提供し、回答の変動を見ることとした。情報を

与える順序は回答者により異なったものになるようにした。これによって、トレードオフ情報を受け取る順序によって、どのように回答が変化するかについて分析を行うこととした。

The figure displays six sequential survey screens, each illustrating a different trade-off between lead-free solder (鉛フリーはんだ) and leaded solder (鉛はんだ).

- Screen 1: Material Usage**
 - Chart: Comparison of solder usage on PCBs. Lead-free solder (Sn96/Ag2.5/Bi1.0/Cu0.5) uses 47.8 units, while leaded solder (Sn63/Pb37) uses 92.1 units.
 - Question: "鉛フリーはんだ"使用の電気製品と、"鉛はんだ"使用の電気製品があります。(直感的に)あなたは、どちらの製品を選択しますか？
 - Response options: "鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらかと言えば、"鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらとも言えない", "どちらかと言えば、"鉛はんだ"使用の電気製品, "鉛はんだ"使用の電気製品.
- Screen 2: Manufacturing Cost**
 - Chart: Manufacturing cost comparison. Lead-free solder costs 137.8 (including 47.8 material cost and 90.0 processing/management cost), while leaded solder costs 84.9 (including 92.1 material cost and 2.25 processing/management cost).
 - Question: "鉛フリーはんだ"の製造コスト(価格)は、"鉛はんだ"の製造コストの2.25倍費やします。あなたは、どちらの製品を選択しますか？
 - Response options: "鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらかと言えば、"鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらとも言えない", "どちらかと言えば、"鉛はんだ"使用の電気製品, "鉛はんだ"使用の電気製品.
- Screen 3: Lead Release**
 - Chart: Lead release from products. Lead-free solder releases 100 units, while leaded solder releases 406 units.
 - Question: "鉛はんだ"製品からの鉛溶出量は、"鉛フリーはんだ"製品からの鉛溶出量の4.1倍です。あなたは、どちらの製品を選択しますか？
 - Response options: "鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらかと言えば、"鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらとも言えない", "どちらかと言えば、"鉛はんだ"使用の電気製品, "鉛はんだ"使用の電気製品.
- Screen 4: Reliability (Life)**
 - Chart: Reliability (life) comparison. Lead-free solder (Sn-Pb) has a life of approximately 200 hours, while lead-free solder (Sn-Ag-Cu) has a life of approximately 350 hours.
 - Question: "鉛フリーはんだ"製品の耐久性(寿命)は、"鉛はんだ"製品の耐久性の約1.75倍です。あなたは、どちらの製品を選択しますか？
 - Response options: "鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらかと言えば、"鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらとも言えない", "どちらかと言えば、"鉛はんだ"使用の電気製品, "鉛はんだ"使用の電気製品.
- Screen 5: Manufacturing Energy**
 - Chart: Manufacturing energy comparison. Lead-free solder consumes 117.2 units of energy, while leaded solder consumes 16.7 units.
 - Question: "鉛フリーはんだ"の製造エネルギーは、"鉛はんだ"の製造エネルギーの1.15倍消費します。あなたは、どちらの製品を選択しますか？
 - Response options: "鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらかと言えば、"鉛フリーはんだ"使用の電気製品, "どちらとも言えない", "どちらかと言えば、"鉛はんだ"使用の電気製品, "鉛はんだ"使用の電気製品.

図 1 鉛フリーはんだと鉛はんだに関するアンケート実施画面

2) アンケート手法

本研究では、消費者がトレードオフ情報をどのように受け取り、判断を下すのかについての研究を目的とした。対象製品に関する4種類のトレードオフ情報を提示し、アンケート回答者に評価を行ってもらった。まず、回答者が回答の開始時点で持っている情報をもとにして、どちらの製品を選択するのかについて回答を得た。次に、4種類のトレードオフ情報のうち1つを回答者に提示し、その情報も踏まえて回答を得た。さらに、残り3種類のうち1つを提示し回答を得た。これを4種類のすべてのトレードオフ情報が表示されるまで(4回)回答を得た。最後に4種類のトレードオフ情報すべてをもとにして、最終的な結論を得た。回答終了後、回答者の属性についてのアンケートを行った。回答者に発泡酒を配布することによってできる限り多くの属性の回答者に参加してもらえよう配慮した。

3.2.3 アンケート結果の概要

アンケートは平成14年5月28日～31日に行われた「NEW環境展」東京会場内にブースを設置して行い、総回答数1329件を得た。なお、このアンケートでは、今後継続的に行われるであろう同様の調査のために、日程などによる回答数の変動、座席配置による回答数の違いなどの確認も同時に行った。

1) アンケート回答者の概要

本研究において、回答者の属性は展示会場の来場者の属性に大きく依存している。そのため、得られた結果を社会全般に適用することはできない。回答者の属性は一般社会の構成とは大きく異なるが、このアンケート結果を、回答者の属性を踏まえた上で使用すれば問題は起こらないと考えられる。アンケート回答者の属性について述べる。

まず、男女比については全回答者1329人のうち、男性1143人、女性186人について回答が得られた。男女比は、環境展という特殊性から来場者の大半がサラリーマンであったため、男性が圧倒的に多くなっている。次に、回答者の年齢構成は50代がもっとも多く、その他、20代21.7%、30代30%、40代19.9%、60歳以上8.4%、20歳未満0.6%となった。20歳未満の回答者が極端に少ないのは、景品がアルコール類であるため、20歳未満の参加者への景品をボールペンとしたためであると考えられる。それ以外の年代については、60歳以上の回答者がやや少ないものの、ほぼ均等に回答が得られた。環境展の来場者の大部分がサラリーマンであることはすでに述べたが、職業別に見ると、機械関連産業、食料品、自動車関連産業に属する人がいずれも約20%でとなった。これは、環境展示会という特殊性からくるものであると考えられる。

回答者の職種についてもアンケートを行った。アンケート回答者の職種は経営者が全体の30%を占めており最も大きくなっていることがわかった。環境展の展示会場であるため、

環境関連部署の回答者も多いが、それ以上に企業経営者が多かった点に特徴がある。環境展で展示を行っている企業、そして廃棄物取り扱い業者の多くが中小および零細企業であるため多くの経営者や役員が展示会に来場していたためであると考えられる。ここまでは、アンケート回答者の社会的な属性について聞いたものであった。

次に、回答者の日常の情報の入手経路、及び環境に対する関心についてアンケートを行った。まず、日常生活で様々な情報をどのような媒体から入手しているのかについて複数回答を許した上で行った。新聞によって情報収集を行う人が、全体の60%以上おり最も多かった、ついでインターネット情報ホームページから情報を収集する人が48%と全体の約半数おり、非常に多くなった。日常生活の中でインターネットを用いた情報が一般的になっていることが伺える。このことから、インターネットによる様々な情報の発信については閲覧者を獲得できれば十分意義があると考えられる。

次に回答者がどのような環境問題に対して興味を持っているのかについてアンケートを行った(複数回答可)。アンケート回答者に、19種類の環境問題の事例を示し、興味のあるものを選んでもらった。その結果が、図2である。一般消費者に向けて行った場合と大きく異なるのは、リサイクルや廃棄物処理といった、環境展の展示内容と直結したものが多かった点である。その他の項目については、温暖化やエネルギー問題など一般的に関心が高いとされている内容への興味が高くなった。逆に人口問題や騒音、悪臭といった問題は環境問題とはとらえられていない傾向が伺えた。

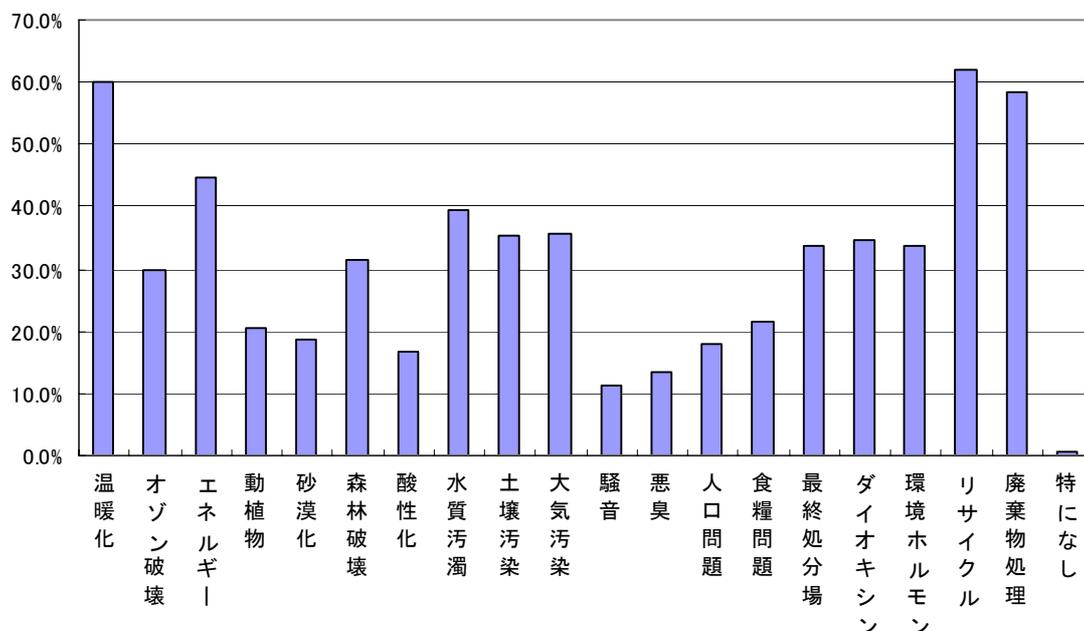


図2 アンケート回答者の環境問題への興味

3.2.4 (トレードオフ情報を与えられた場合の回答者の判断傾向の分析)

アンケートでは4種類のトレードオフ情報の順番を変えて回答者に提供した。トレードオフ情報の並び順は24通りあるため、1通りの順序あたり約55回答が得られた。回答者がトレードオフ情報を示される前に回答した初期回答の結果グラフは、図3のようになった。この結果から、鉛フリーはんだを使用した製品を選択する人がほとんどである。このことから、一般に鉛が有害物質であるという情報はよく知られており、その情報を基にして判断した結果、鉛不使用

の製品が良いと判断されていると考えられる。同様に2問目以降の回答結果も、その差異は最大1.6%であり全体として意見の変化は全く見られなかった。この結果から、消費者に対してなんら対策を行わず、無作為に情報を流した場合には、環境に関する情報はまったく参考にされないと考えられる。

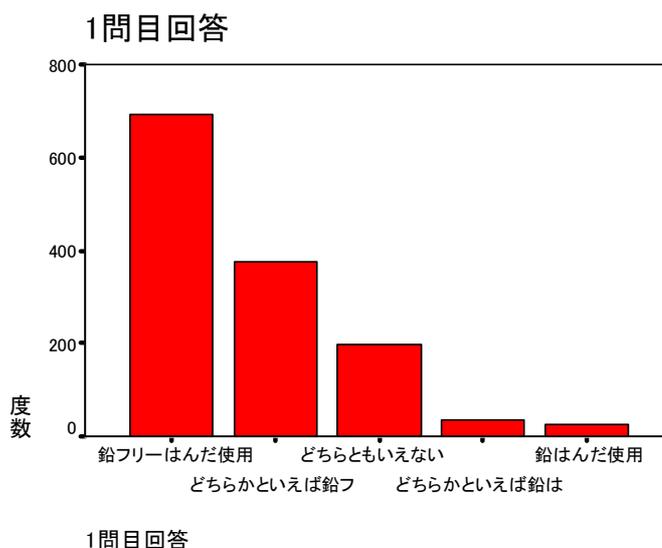


図3 初期回答の結果

3.2.5 (アンケート結果の分析)

このアンケート調査では、回答者に自由に回答を行ってもらったため、回答の一部には、質問内容をほとんど読まずに回答を行ったと考えられるものがあった。そのような回答は、分析を行うには不相当であるためできる限り排除する必要がある。そこで、アンケートの回答時間をもとに、そのような回答の除外を行うこととした。

回答者が、アンケートに回答するのに要した時間の平均値は94秒であった。サンプル調査を行ったところ、表示された文章を読むだけでも最低でも40秒の時間がかかることがわかったため、回答時間が40秒以下のケースについてはこれ以降の分析では除外することとした。逆に回答時間が長い回答者については、大部分がアンケート途中で携帯電話がかかってきたために、アンケートを中断し、再度やり直したケースである。そのため、200秒以上の計測時間がかかった22件についても排除した。よって、以後は有効回答1261件を対象として統計処理を行う。

1) トレードオフデータの提示順序による結果の変動

分析を行っていくにあたり、コスト、エネルギー、鉛流出量、耐久性の4種類のトレー

ドオフ情報を鉛はんだに有利な情報と鉛フリーはんだに有利な情報、という 2 種類のカテゴリーにわけて考える。その場合それぞれの情報は、

コスト	→	鉛はんだ有利 (P)
エネルギー	→	鉛はんだ有利 (P)
金属流出	→	鉛フリーはんだ有利 (F)
耐久性	→	鉛フリーはんだ有利 (F)

と分けられる。鉛はんだに有利な情報を P、鉛フリーはんだに有利な情報を F とすると、場合の数は 6 通りあることになる。この 6 通りについて検討を行う。

第一問目でエネルギーに関する情報 (P)、二問目でコストに関する情報 (P)、三問目で鉛流出量の情報 (F)、四問目で耐久性の情報が出された場合 (F) には、順序を P P F F と示すことにする。6 通りの提示順序の母集団ごとの初期回答結果の傾向には、最初の質問段階では差違は見られなかった。よって、2 問以降のアンケート結果の違いは与えられた情報によって変化したと見なすことができる。

結果は、図 4 のようになった。この結果から、例えば情報の提示順序が P P F F であるとき、初期回答 (1 問目) の次に 2 問目の質問では鉛はんだに有利な情報が与えられたことになる。このとき回答結果は鉛はんだ使用製品に動いていることがわかる。よって、回答者は各質問で与えられた情報が有利な方の選択を行っていることがわかる。このことから、回答者がトレードオフ情報を判断材料として用いていることがわかる。図 4 の結果から、回答者は鉛はんだに有利な情報に反応はしているが、鉛フリーはんだに有利な情報が提示された場合の方が大きく反応していることがわかる。

このことから、回答者がもともと良いと思っていたものについて、それを後押しするような良い情報が提示された場合には強く反応するが、自分がもともと悪いと思っていたものについては良い情報を示されたとしても懐疑的に受け取り、結果として反応が鈍くなると推測される。

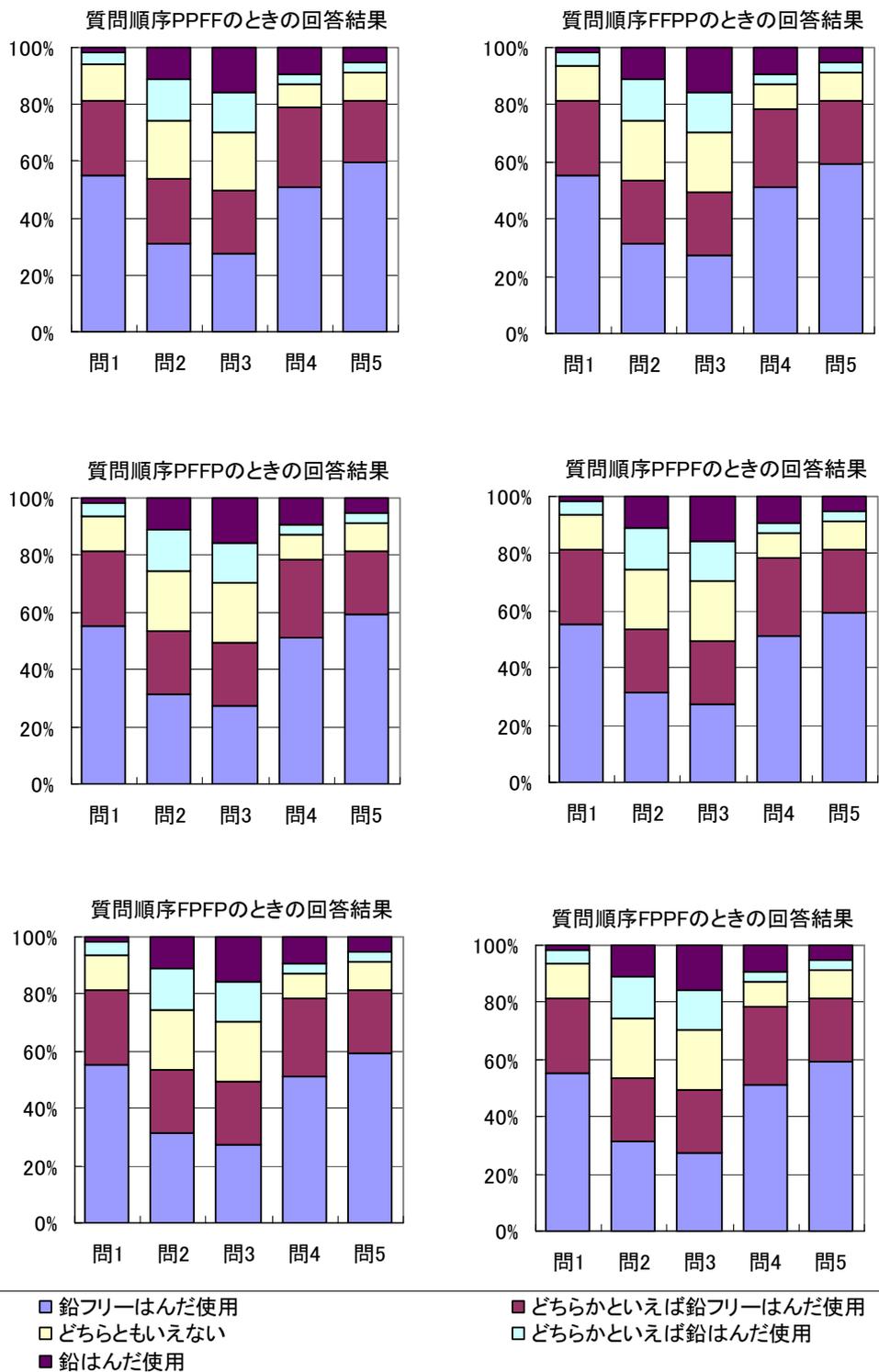


図 4 情報の提示順序によるアンケート回答結果の変化

2) コストに関する情報とエネルギー消費に関する情報の比較

ここでは、1)で示した事例のうち、鉛はんだに有利に働く情報、エネルギー消費量とコストに関する情報を提供した場合に回答者がどのように反応したかについて分析を行う。事例として PPF の詳細について見ることにする。問1で何の情報も与えられていない状態で回答をしてもらう。そして、エネルギーの情報→コストに関する情報または、コストに関する情報→エネルギーの情報のどちらかの順で情報を提示する。このとき PPF の場合の数は4通りが考えられるが、ここでは PP の順序のみを考える。エネルギーの情報と、コストの情報の2種類に切り分けて考えると、先にでてくる情報によって何らかの違いが見られるかを確認する。結果は図5のようになった。

このグラフではグラフ左側が問2でエネルギーの情報、問3がコストに関する情報を提示した場合の回答傾向、右側が問2でコストに関する情報、問3でエネルギーに関する情報を提示した場合の回答者の傾向を示している。グラフの問2についてみると、「エネルギーに関する情報よりもコストに関する情報を提示した場合の方が、「鉛はんだを使用した製品を選択する」と回答した人が多くなった。しかし、「エネルギーの情報→コストに関する情報」の順でトレードオフ情報を提示した場合の方が「コストに関する情報→エネルギーの情報」の順で情報を提示した場合よりも「鉛はんだを使用した製品を選択する」と回答した回答者が多くなった。

すなわち、コストに関して事前に知らされた後にエネルギーに関する情報を聞いた場合よりも、エネルギーに関する情報を聞いた後に、コストも安いことを知った場合の方が鉛は

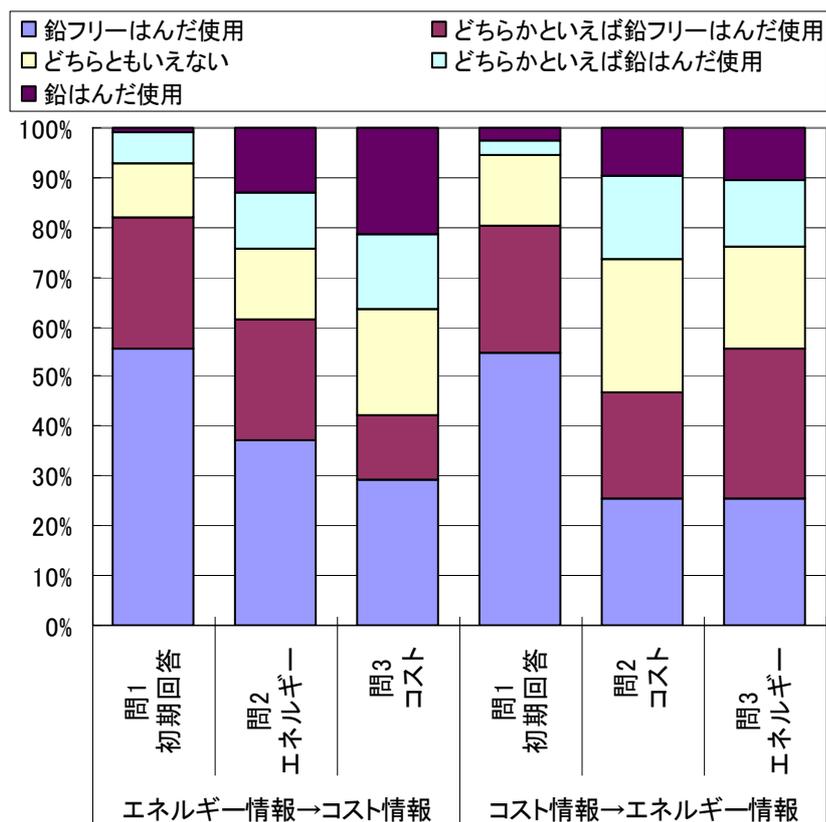


図5 エネルギーに関する情報とコストに関する情報への回答者の反応

んだを使用した製品を選択する人が増えたことになる。このアンケートでは実際の金銭取引が発生していないため、必ずしも商品取引の実態と合致するとは考えられないが、回答者の考え方は必ずしもコスト情報のみによって行われているわけではないことを示唆している。コストに関する情報は、選択する「製品が良いものである（この場合にはエネルギー消費量が少ない）」という事前知識がある場合に、さらにコストも安いと知らされると、その製品を強く選択するようになる。しかし、事前にコストの情報を知り、次にエネルギーに関する情報を知った場合には、その製品を選択する人はそれほど増加しない。

このことから、消費者は商品を選択・購入する際に事前に環境に関する情報を持っていれば、その情報とコストを考えて製品の選択を行うが、事前にコストのみを知っており、その後環境に関する情報を与えられたとしても、環境に配慮した製品を選択する割合は前者の場合よりも少なくなってしまう可能性があることが示された。

よって、消費者には環境に関する啓蒙活動や宣伝活動を通じて、多くの情報を商品購入の検討初期の段階で伝達しておくことで、環境配慮型製品の購買活動を促進させることができる可能性を示している。

よって、消費者には環境に関する啓蒙活動や宣伝活動を通じて、多くの情報を商品購入の検討初期の段階で伝達しておくことで、環境配慮型製品の購買活動を促進させることができる可能性を示している。

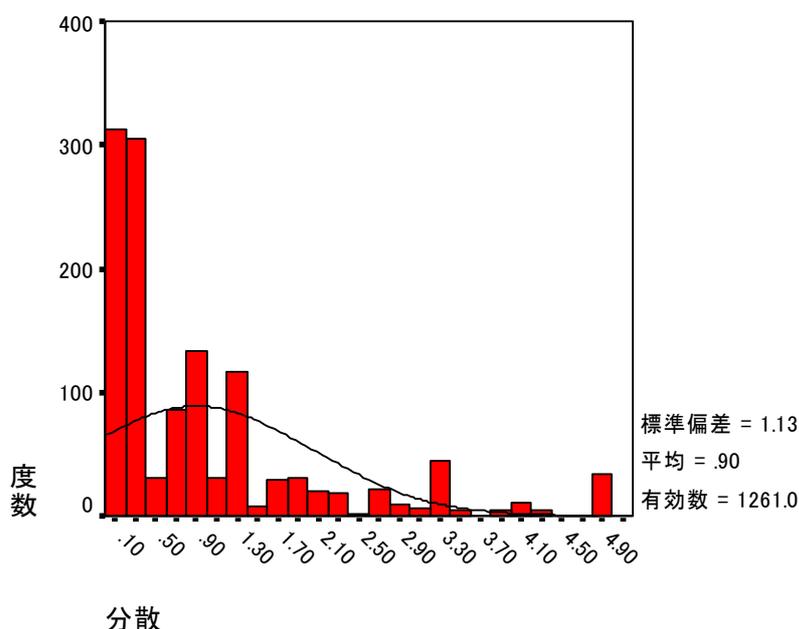


図 6 全回答結果の分散

3) 回答者の意見の変わりやすさとその傾向の分析

ここまでの分析で、回答者がどのようなトレードオフ情報をもとにして判断を下しているのかについては分析が行えた。次に、どのような回答者が自分の下した判断を変えやすいのかについて分析を行う。判断の変えやすさを示す指標として分散を用いて表すこととした。分散とは、データが平均からどれだけ、ばらけているかを示す統計的な指標である。 n 個のデータ x_1, x_2, \dots, x_n があって、 \bar{x} をそのデータの平均とした時に、 $(\bar{x} - x_i)$ の 2 乗の平均

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}$$

を分散という。よって、グループごとに問 1-5 までの分散を計算すれば、回答者がどの程度意見を変えたのかがわかることになる。

図 6 は、回答者ごとの分散を度数分布としてグラフにしたものである。このグラフは、回答者が問 1-5 まででまったく意見を変えなければ分散が 0、回答者がすべての質問で意見を変えた場合には分散を 5 として表した図である。全有効回答 1261 件のうち、300 人以上の回答者は、トレードオフ情報にはまったく反応せず意見を変えなかった。ついで多かったのが、1 箇所だけトレードオフ情報に反応したが、それ以外の情報にはまったく反応しなかったという人で、これも 300 人を超えた。トレードオフ情報を示されたのにもかかわらずまったく意見を変えなかった属性についても分析を行った。職業や職種、性別によつての特徴は見られなかった。しかし、年齢については、意見をまったく変えなかった回答者の年齢分布と、全回答者の年齢分布はまったく異なるものとなった。全体として、20 代の回答者は全体平均では約 20% であるのに対して、意見を変えなかった 20 代の割合は 10% にしか過ぎなかった。それに対して、50 代の回答者は、全回答者の中では約 30% であるのに、意見を変えなかった人の割合では、40% を超える結果となった。同様に 60 歳以上の人の割合は全体に占める割合は 8% であるのに、意見を変えなかった回答者のみの中での割合は 12.5% と上昇した。これらのことから、年代が高くなるほど意見を変えにくくなる傾向が見られる。これは、年齢が高くなるほど自身の中で確固たる価値観を持ち、その結果、外部からの情報によって意見を変えにくいためであると考えられる。

次に、トレードオフ情報に対して反応し、結果として意見を大きく変えた人の傾向について確認する。このような場合は分散が 2.5 以上のグループとなる。分散が 2.5 以上の場合には、当初は鉛フリーはんだがよいと考えていたが、トレードオフ情報を提示されたことによって、最終的に鉛はんだが良いと考えを変えたような場合には分散が 2.5 以上になる。

意見を変化させやすかったのは、女性であった。全回答者のうち女性が占める割合は 14.0% であるのに値して女性の比率が意見を変えやすかった人の中での女性の割合は 19% となった。このことから男性よりも女性の方が、外部からの情報に対して柔軟に反応する傾向が見られた。また、年齢構成を見ると、回答者全体では 20 代の比率が 22% であったのに対し、33% と 11 ポイントも増加した。先に述べたように年齢が高くなるほど意見を変えにくくなるのとは逆に、年齢が若いほど、外部からの情報によって意見を変えやすい傾向が見られた。

また、職種別に見ると、経営者の比率が全体の構成よりも 6 ポイント上昇して 36% になった。企業の経営者や役員は、50 代や 60 代といった、高い年齢であるのにもかかわらず

意見を変えやすいという特徴を持っていることがわかった。

このことは、企業の経営者や役員は日々の事業活動の中で外部の情報に対して柔軟に対応していくことが求められる職業であるため、年齢とはかかわりなく情報に対しての柔軟性が高いと考えられる。

3.2.6 まとめ

今回のアンケートでは環境展の展示会場という特殊な環境ではあるが、提示されたトレードオフ情報に対して、消費者がどのような反応を示すのかについての研究を行った。その結果、いくつかの知見が得られた。

- ① 消費者に対してなんら対策を行わず、無作為に情報を流した場合には、環境に関する情報はまったく参考にされないと考えられる。よって、今後環境に関する情報を伝達していくためには適切な時期や順序で情報を提示していくことが重要であると考えられる。
- ② 回答者が事前に持っている情報（鉛は環境に悪い）に対して、それを裏付けるような情報（鉛はんだからは鉛フリーはんだよりも多くの鉛が流出している等）を提供された場合には、回答者はその情報に対して柔軟に反応を行う（鉛フリーはんだを使用した製品を選択する）。しかし、自分がもともと悪いと思っていたもの（鉛はんだ）について、良い情報（鉛フリーはんだよりもコストが安い等）を示されたとしても懐疑的に受け取り、結果として反応が鈍くなる傾向がみられた。
- ③ 消費者がコストに関する情報をどのように用いているのかについての知見を得た。消費者は商品を選択・購入する際に**事前に**環境に関する情報を持っていれば、環境に関する情報とコストを考えて製品の選択を行うことがわかった。しかし、事前にコストのみの情報しかない場合に、後から環境に関する情報を与えられたとしても、環境に配慮した製品を選択する割合は事前に環境に関する情報を持っていた場合よりも少なくなってしまう傾向が見られた。
- ④ 意見の変わりやすさに関する分析では、年齢によって意見の代わりやすさに大きな違いがあることがわかった。年齢が高くなるほど意見は変わりにくくなり、若いほど変わりやすい傾向が見られた。しかし、年齢が高くとも、企業経営者など日ごろから外部の意見を取り入れて、判断を迫られるような職業に従事している回答者は柔軟に意見を変える傾向が見られた。

(2)研究成果の今後期待される効果

今回、ステークホルダーのうち学生を対象として、どのような環境報告書であれば、就職先として魅力的になるかを探ることを目的に研究を実施し、学生が重要視する経営責任者の緒言及び環境への取組が明らかになった。同様な調査を、企業の物品調達担当者、社会人、主婦等で行えば、上記と違った結果が得られるものと予測される。特に、環境報告書に関する知識が十分でないステークホルダーの調査結果が、今回の結果とどのように異なるかは非常に興味深いところである。

今回の結果から、もし今以上の環境コミュニケーションの向上を図ろうとするのであれば、現状の環境報告書以外に、個別のステークホルダーのニーズにあった環境パンフレット等の付録を作成することが好ましいと言える。これらのパンフレット等作成について、ステークホルダーはもっと企業に積極的に要求し、企業側はもっと積極的に作成を進めることによって、より良い環境コミュニケーションが図れるものと推測される。

3. 3 学生を対象とした環境報告書の改善策について（森下グループ）

(1)研究内容及び成果

3.3.1 はじめに

環境報告書を作成・公表している企業の数、平成13年度で579社、平成14年度で650社と着実に増加してきている。しかし、環境報告書に関心のある人は、82.7%と関心度は高いものの、環境報告書を読んだことのある人は、平成13年で8.5%、平成14年で14.4%と低いことから、環境報告書が環境コミュニケーションツールとして機能しているとは言えないのが現状である。

そこで、環境報告書が環境コミュニケーションツールとして機能するためには、どのような改善が必要なのかを探るために、本研究を実施することにした。

3.3.2 目的

環境報告書の受け手（＝ステークホルダー）は、消費者、取引先、株主、従業員、地元住民、学生、行政等多種多様で、それぞれ必要とする情報は異なるはずである。しかし、企業は多種多様なステークホルダーのニーズを1つの環境報告書で満たすように作成している。その結果、情報量過多になり、環境報告書に関する知識が十分でないステークホルダーは、自らに有用な情報を探し出すことが困難になっていると考えられる。

そこで、ステークホルダーごとの環境報告書を作成するといった重層的なアプローチを提案することが有効になると考え、今回、ステークホルダーのうち学生を対象として、どのような環境報告書であれば、就職先として魅力的になるかを探ることを目的に研究を実施した。

3.3.3 研究方法

研究は以下の三つのステップに分けて実施した。

○STEP1：環境及び環境報告書に関する意識調査

○STEP2：コンジョイント分析

経営責任者の緒言及びある飲料メーカーの環境報告書からそれぞれ5つの属性を選び、直行計画という統計的な手法で組み合わせた10組のプロファイルを用意し、調査対象者に就職先として、どれくらい魅力的かをそれぞれ5段階に評価してもらい、そのデータを用いてコンジョイント分析を行う

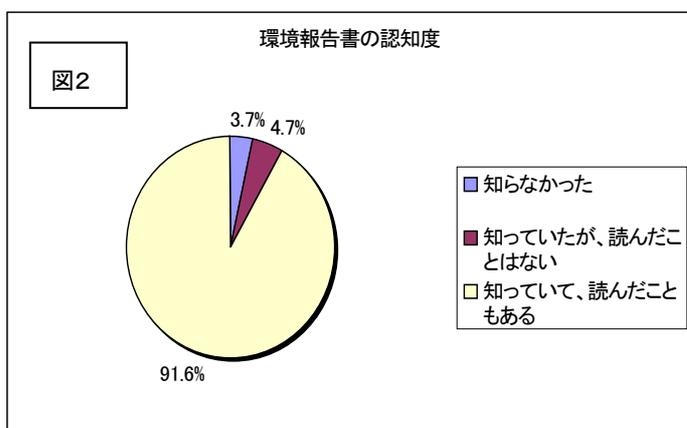
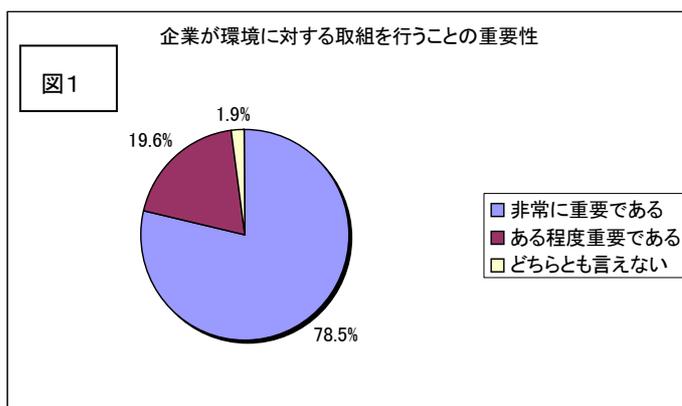
○STEP3：セグメント別のコンジョイント分析

「男女別」、「環境報告書の査読数別」の2つの観点から、セグメント別にどのような違いが生じているかを検証する

3.3.4 研究結果

1) 環境報告書に関する意識調査結果

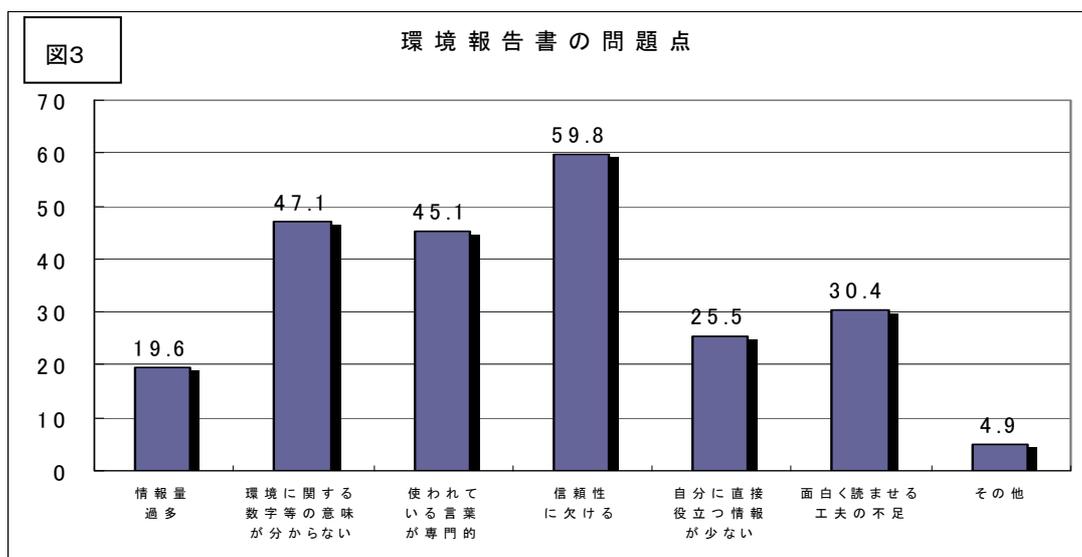
企業が環境に対する取組みを行うことの重要性を尋ねると、「非常に重要」が78.5%、「ある程度」が19.6%と回答しており、ほとんど全ての人が、程度の違いこそあれ、重要であると認識している(図1)。



環境報告書の認知度を尋ねると、講義で環境報告書を取り上げているため、「知っていて読んだこともある」人が91.6%と非常に高い数値になっている(図2)。

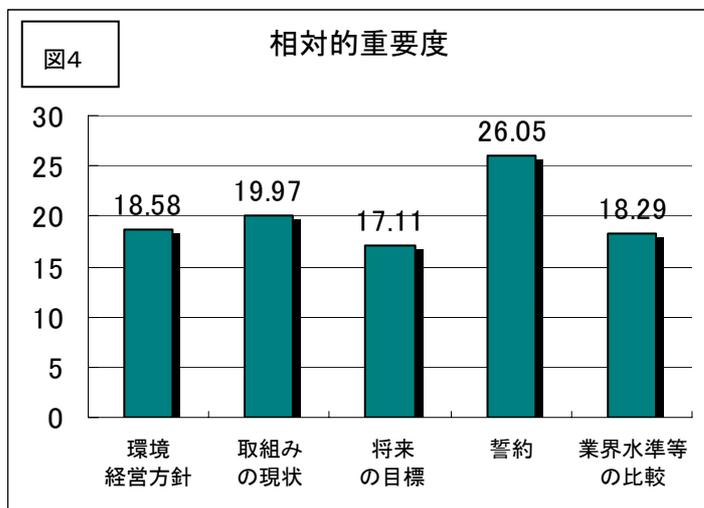
また、環境報告書の理解度について尋ねると、講義で取り上げているだけあって、「ほとんど理解できた」と回答した人が12.7%、「ある程度理解できた」と回答した人が、82.4%となっている。

環境報告書の問題点について尋ねると、「信頼性に欠ける」と回答した人が、59.8%と最も高く、「環境に関する数字等の意味がよくわからない」が47.1%、「使われている言葉が専門的」が45.1%と続いている(図3)。



2) コンジョイント分析結果

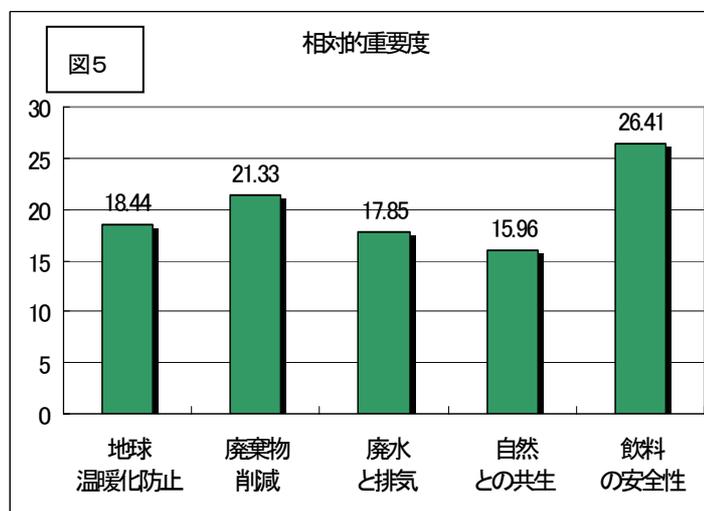
相対的重要度が最も高い属性は、「自社が目標等を明示した期限までに達成することの誓約」(26.05%)であった。このことは、環境報告書の問題点として最も多く挙げたものが信頼性の欠如であった点と非常によく整合している(図4)。



なお、それぞれの項目で、男女間及び査読数別で差異がみられた。特に「自社の環境への取組み状況と業界水準等との比較」においては、査読数が増えるごとに重要視されている。これは、何冊かの環境報告書を読んでみた結果、それぞれが比較できなかったためだと考えられる。

次に、環境への取組について、相対的重要度が最も高かった属性は、「飲料の安全性」で26.41%、次に「廃棄物削減」で21.33%であった。「飲料の安全性」が最も重視されているのは、近年企業倫理の欠如が、企業破綻を引き起こしていることを受けて、企業のリスクマネジメントの重要性が高まっているからだと推測される(図5)。

なお、男女別で見ると、男性が「地球温暖化防止」を2番目に重視しているのに対し、女性は一番重視しておらず、また、査読数で見ると、「廃棄物の削減」において大きな差異がみられた。査読数が増えるごとに「廃棄物の削減」を重視する傾向にある。



(2)研究成果の今後期待される効果

今回、ステークホルダーのうち学生を対象として、どのような環境報告書であれば、就職先として魅力的になるかを探ることを目的に研究を実施し、学生が重要視する経営責任者の緒言及び環境への取組が明らかになった。同様な調査を、企業の物品調達担当者、社会人、主婦等で行えば、上記と違った結果が得られるものと予測される。特に、環境報告書に関する知識が十分でないステークホルダーの調査結果が、今回の結果とどのように異なるかは非常に興味深いところである。

今回の結果から、もし今以上の環境コミュニケーションの向上を図ろうとするのであれば、現状の環境報告書以外に、個別のステークホルダーのニーズにあった環境パンフレット等の付録を作成することが好ましいと言える。これらのパンフレット等作成について、ステークホルダーはもっと企業に積極的に要求し、企業側はもっと積極的に作成を進めることによって、より良い環境コミュニケーションが図れるものと推測される。

3. 4 環境情報が市民の意思決定に与える影響（寺園グループ）

3. 4. 1 牛乳容器と環境を考えるワークショップ

(1)研究内容及び成果

要約

環境調和性を含む各視点からの容器の評価や、各種環境問題を考えた場合の容器の評価が、意思決定にどの程度影響を与えるかを探ることを目的として、学校給食用牛乳容器の選択をテーマとして利害関係者を集めたワークショップを開催した。その結果、環境問題間の一般的な重要度評価のデータセットが、個別事例にも適用できる可能性が示唆された。ただし、総合評価の結果と視点別評価の積和との相関は高かったものの、環境調和性に対する評価と個々の環境問題別の評価の積和との相関はやや低かった。

背景と目的

製品・システムの環境へのやさしさ（以下「環境調和性」と称す）についての最終的な評価（LCAのValuationにあたる）は、複数の異なる環境問題に対する意思決定者の価値観に依存する部分がある。著者ら[1]はこれまで異なる環境問題間の比較における重要度の評価値を得てきたが、このようなデータセットが実際の事例にも適用可能であるかを検証する必要があると考えた。また、環境調和性の高い製品・システムの利用拡大のためには、製品・システムの選択の際に意思決定者によって、環境調和性を含む各視点（図1参照）からの多面的な評価がどのように下されているかという現状を把握する必要がある。本研究は、選択すべき対象についての各視点からの多面的な評価や、環境調和性という視点内での各環境問題ごとの評価が、意思決定にどの程度影響するかを探ることを目的として実施した。

対象と方法

対象として、自治体ごとに選択・決定される学校給食用牛乳容器の選択を取り上げた。選択すべきシナリオ（代替案）としては、紙パック（リサイクルしない）、紙パック（リサイクルする）、1リットル紙パック（リサイクルする）、ガラスびん及び軽量ガラスびんの5種類である。意思決定主体が様々な情報を考慮して製品選択を行う比較によって問うものであり、これにより比較対象の相対評価値を求めた。容器の望ま状況を模擬するために、国立環境研究所において2000年8月にワークショップを一日開催した。参加者は本来の意思決定主体である自治体の教育委員会に加えて、利害関係者である栄養士、学校教員、牛乳メーカー、容器メーカー、一般及び環境問題専門家の計32名である。

ワークショップの手順は表 I に示すとおりであり、各セッションでグループ討論や全体討論を経た後、参加者全員に対してアンケート調査を行った。アンケートは全て、望ましさや重要度を AHP における一対しきについては、図 1 に示す階層図にしたがって、4 種類の視点（健康・安全性、機能・利便性、経済性、環境調和性）及び 6 種類の環境問題に照らして評価された。評価の際に参考となる情報は、討論の中で事務局及び参加者相互から提供されたが、定性的なものにとどまった。

表 I ワークショップの手順

セッション名	実施したアンケート	比較対象
趣旨説明	環境問題の重要度 E0	6 種類の環境問題
対象の説明と総合評価 1	容器の望ましさ（総合評価 1） O1	5 種類の容器
視点の確認	—	—
視点別の評価(健康・安全性)	健康・安全性からみた容器の望ましさ HS	5 種類の容器
同(機能・利便性)	機能・利便性からみた容器の望ましさ FC	同上
同(経済性)	経済性からみた容器の望ましさ Ec	同上
同(環境調和性)	環境調和性からみた容器の望ましさ E1	同上
	大量生産・消費・廃棄の問題からみた容器の望ましさ E11	同上
	水質汚濁の問題からみた容器の望ましさ E12	同上
	地球温暖化の問題からみた容器の望ましさ E13	同上
	大気汚染の問題からみた容器の望ましさ E14	同上
	有害化学物質汚染の問題からみた容器の望ましさ E15	同上
	自然破壊の問題からみた容器の望ましさ E16	同上
	環境調和性からみた容器の望ましさ E2	同上
総合評価 2	容器の望ましさ（総合評価 2） O2	同上
	視点の重要度 P	4 種類の視点
まとめ	—	—

結果と考察

環境問題別の重要度に対する評価（E0）値は、有害化学物質汚染が 23.2%と高く、次いで大量生産・消費・廃棄 20.2%、地球温暖化 17.0%、自然破壊 14.1%、水質汚濁 12.8%及び大気汚染 12.6%であった。

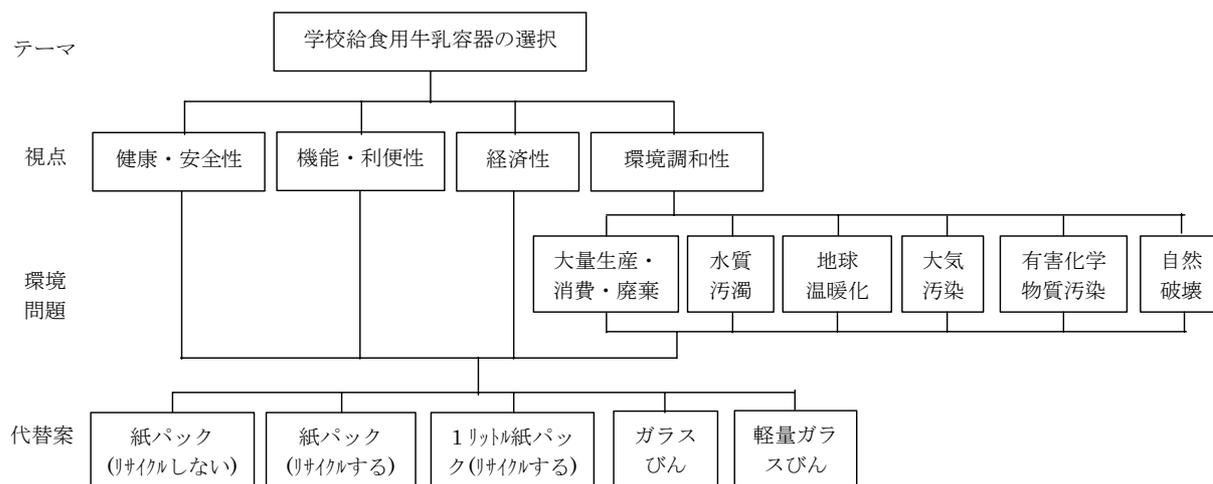


図1 ワークショップにおいて代替案を比較検討するために用いた階層図

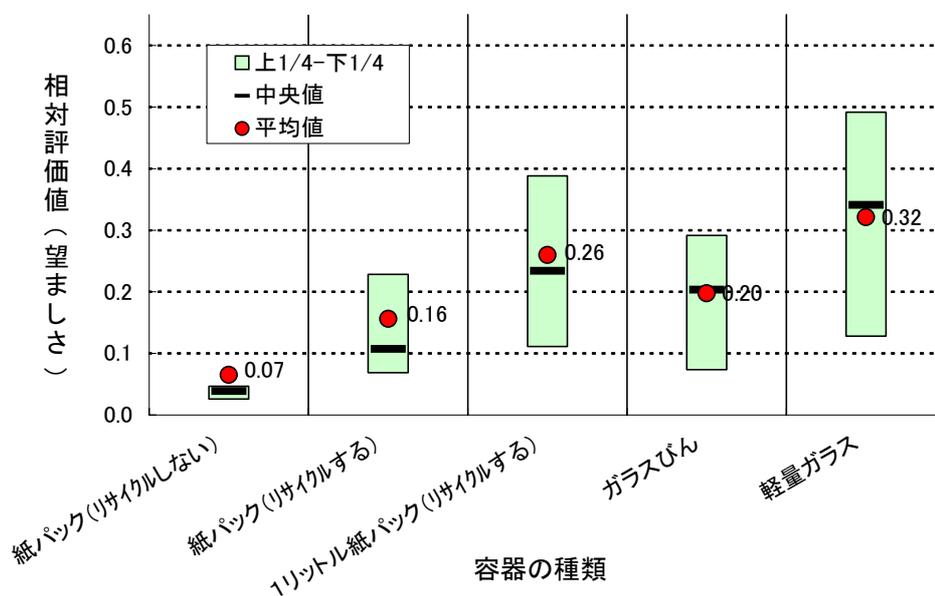


図2 環境調和性に対する評価値

環境調和性に対する容器の評価（望ましさ）を尋ねた結果（E2）は図2に示すように、軽量ガラスびんや1リットル紙パックの評価が高く、紙パック（リサイクルしない）の評価が最も低かった。この傾向は大量生産・消費・廃棄などほとんどの環境問題別の評価（E11、E13～16）でも同様であったが、水質汚濁（E12）については洗浄プロセスの有無が意識されたため、紙パック（リサイクルしない）が高く評価された。

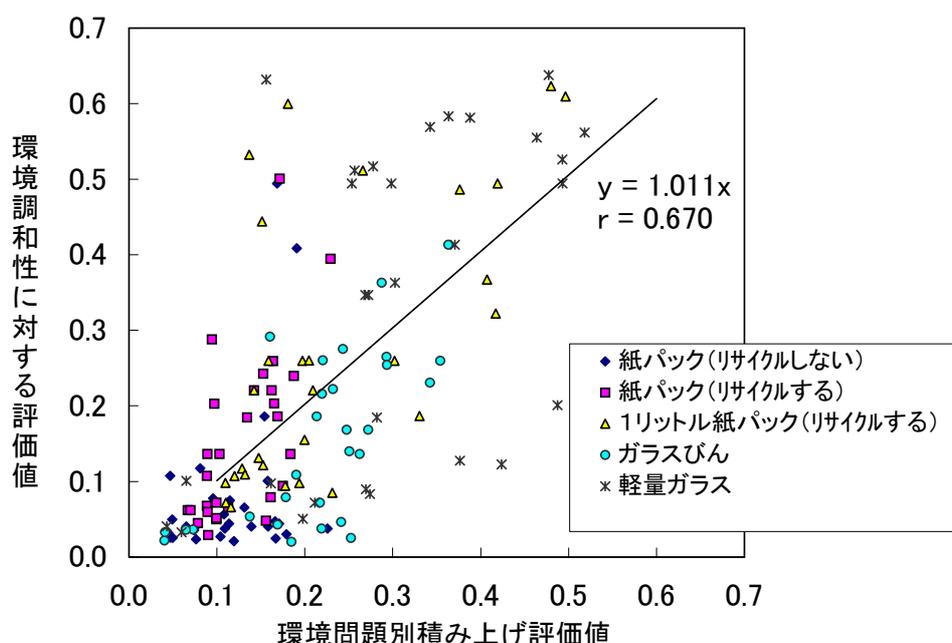


図3 環境問題別積み上げ評価値と環境調和性に対する評価値との関係
(整合比<1の回答のみ)

個々の環境問題別の評価の積和が環境調和性に対する認識と一致するかを調べるために、E0 と E11～16 の結果を乗じて得た環境問題に対する積上げ評価値（環境問題別積み上げ評価値）と、環境調和性に対する評価値（E2）とを比較した。結果は図3のように正の相関関係が認められた。これより、ある人々の環境問題間の一般的な重要度評価のデータセットを入手すれば、いくつかの個別事例に対して彼ら自信の意思決定に適用できる可能性があることが示された。しかしながら、相関係数が0.670と低かったことから、環境問題別の回答では回答者に設問の意図が十分理解されなかったものと考えられる。提供する情報の充実によって、判断基準をより明確化する必要がある。

また、視点別の評価の積和が総合評価の結果と一致するかを調べるために、P と HS、FC、Ec、E2 の結果を乗じて得た積上げ評価値（視点別積み上げ評価値）と総合評価値（O2）とを比較した。この場合は相関係数が0.801となり、より高い相関関係が認められた。なお、視点間の評価では、健康・安全性の40.7%に次いで、環境調和性は27.9%と二番目であった。

今後の課題としては、提供する情報の充実による評価の変化の確認などが挙げられる。

文献 [1] Matsuhashi,K., et al.: Proceedings of the Third International EcoBalance, Tsukuba, pp.73～76 (1998)

(2)研究成果の今後期待される効果

最も大きな課題は、定量的な情報の提供である。今回の試みでは、定量的な情報が不十分なままアンケートで様々な評価をしてきた。その結果、整合性の低い回答など、回答にばらつきを多く生んでしまったものと思われる。定量的な情報を提供した上で、どの要素に対して価値観を伴った評価を依頼するか、誰が何に対してどのように評価するかについて、さらなる検討が必要になっている。

また、総合評価の結果と実際に採用されている容器との間には、大きな乖離があった。すなわち、全国的に広く採用されている紙パック（リサイクルしない）は、総合評価で低い評価となっていることなどである。自治体の方の回答でも自市で採用している容器の評価は必ずしも高くなく、評価方法のあり方に課題が残った。

さらに重要な課題として、今回は健康・安全性について、どのように考えるべきか議論がありました。その結果、容器の種類によって事故などが生じる確率を比較するよりも、むしろ全て一定の基準を満たしているべきとして、多くの方がほとんど差をつけない回答がなされた。これはいわゆるリスクゼロに通じる考え方で、それを排すべく事務局としては実際には年間数件程度事故が発生し、問題を抱えている自治体の事例を当日に示したが、それが伝えきれなかったようである。事故についてはその性質上、判断が大変難しくなることも事実である。しかし、実際の意思決定主体としては、その決定によって生じる事故を含めた様々な現象を総合的に勘案せざるを得ない場面がある。様々な議論のあるところであるが、事務局としては、事故のリスクも含めて様々な視点を考慮した、合意形成のあり方を追求する必要性を感じている。

3. 4. 2 ごみ処理施策における環境情報の影響

(1)研究内容及び成果

1. はじめに

多様化・複雑化している環境問題に対して、市民がそれぞれの価値観を有しながらも、個々の問題の重要性をバランスよく判断することが求められている。特にごみ処理施策については、焼却の際に発生する有害物質と埋立の際の処分場の容量とがトレードオフの関係にあるなど、環境へのやさしさを市民が判定するのは容易なことではない。また、市民は様々な属性（家族構成、年齢、職業、処理施設からの距離など）とともに異なる価値観や情報を有しており、全員が同じ考え方に至ることは期待できない。

その上で、ごみ処理施策の実施には排出者である市民の理解と協力が不可欠であることは言うまでもなく、施策の決定は市民の意思が反映されたものであることが望まれる。市民の多様な考え方は異なる価値観と情報などから構成されているとみられるが、なるべく共通の情報を有することによって互いの理解が進み、判断が集約される可能性がある。

そこで本研究では、ごみ処理施策検討の場において、情報の提供による市民の意識変化の可能性を探ることを目的とした。また、どのような情報が必要とされているかの把握も目指した。そのために、東京都A区でプラスチックごみの問題を取り上げたワークショップを行い、参加した市民が共通の情報に基づいて環境面から代替案の判断を行った。

2. ワークショップの概要

2.1 参加者

名称は「A区のごみについて話しあう会」であり、2002年2月に一日のワークショップとして実施した。参加者は、ごみ処理に理解の深いと思われる主婦と、理解の浅い可能性のある学生および社会人（単身者）から各7名、合計21名である。表1のように3つのグループに分かれた。主婦はA区の清掃協力会の方々と、70歳前後の方が多い。また、A区からはごみ減量課の協力を頂いた。

表1 ワークショップの人数

グループ	A	B	C	計	備考
参加者層					
主婦	3	3	1	7	清掃協力会 会員
学生	2	2	3	7	
社会人	2	2	3	7	区職員、単身 者
合計	7	7	7	21	

2.2 ワークショップの流れ

ワークショップの流れを表 2 に示す。午前中はほぼ導入部分であり、A 区のごみ問題、および都と A 区における現在のプラスチックごみの処理方法について解説した。午後は、本ワークショップの主題であるルール（プラスチックの処理方法）の選択を行う上で、必要と思われる情報を順次提供した。

2.3 プラスチックの処理方法に関するルールの説明

現在、東京都 23

区ではプラスチック

ごみを不燃ごみとして

収集している。大半

の区から収集された

不燃ごみは中防不燃

ごみ処理センター

を経由して、東京湾

の埋立処分場で処分

されている（豊島区

のみ、今年度から容

器包装プラスチック

の分別収集が開始さ

れている）。A 区を含

むおよそ 4 つの区で

収集された不燃ごみ

（23 区全体の約

20%に相当）は、大

田第二清掃工場で焼

却処理されており、

焼却灰は溶融後、東京湾

の埋立処分場で処分

されている。都や区の

広報パンフレットから

はこのようなプラスチック

（を含む不燃ごみ）の

処理ルートは必ずしも

分かりやすいものでは

言えなかった。

本ワークショップでは、

環境情報に基づく市民

の判断を簡便に取得す

るために、プラスチック

の焼却か埋立という 2 つ

のルールを設定した。焼

却ルールは、プラスチック

を可燃ごみに分別して A

区内の清掃工場で焼却す

るというものである。埋

立ルールは、プラスチック

を不燃ごみに分別して、

減容化後に東京湾の埋

立処分場で埋立処分す

るというもので

表 2 ワークショップの流れ

	内容	グループ 討論	投票
9:30 ~ 10:10	開催挨拶		
10:10 ~ 10:40	A 区のごみ問題の 解説		第 1 回 (情報提供前)
10:50 ~ 11:30	都および A 区の プラスチックご み処理方法の解 説		
	昼食		
12:30 ~ 12:50	ルールの説明		第 2 回 (プラ処理方 法周知後)
12:50 ~ 13:50	環境情報の解説		第 3 回 (環境情報解説後)
13:50 ~ 14:50	環境情報に基づ く討論	○	第 4 回 (グループ討論後)
15:00 ~ 15:50	減量化・リサイク ルの話題		
15:50 ~ 16:00	閉会		

ある。

リサイクルについては、安易な選択を防ぐこと、選択肢を少なくすること、などの理由から今回投票されるルールから外した。これによって、今回は市民に対し焼却か埋立かという難しい判断を要求した。

表 3 提示した環境情報

環境問題	二酸化炭素排出による地球温暖化	大気中のダイオキシン類などによる健康影響	東京湾の埋立処分場の逼迫
考える環境問題の参考データ	日本全体で3.5億t-C(1999) 地球温暖化の影響 ・水資源、食糧、生態系 ・伝染病、熱中症	ダイオキシン類による発がんだけで ・余命短縮：約0.1日以下(受動喫煙で約4日)	新海面処分場の残余年数：約30年 他の処分場の計画なし
不確実なこと	本当に温暖化するか どの程度温暖化するか 実際にどんな影響が生じるか	焼却炉の運転条件によって高濃度排出や近隣暴露の可能性 発がん以外の影響 ダイオキシン類以外の有害物質	30年後までのごみ量・処理技術の変化 他の処分場の可能性
焼却ルールのときに予想される結果	排出量は増加する 寄与は小さい	対策によって余命短縮への影響は減少する 影響は相対的に大きい	残余年数は倍以上に延びる
埋立ルールのときに予想される結果	排出量は減少する 寄与は小さい	対策によって余命短縮への影響は減少する 影響は相対的に小さい(焼却量が少ないため)	残余年数は半分程度になる

2.4 ルールの投票

ルールの投票は、「焼却と埋立のうち、どちらの方が環境への影響が小さいと思うか」という設問に対して回答頂いた。回答の選択肢は、「焼却」「どちらかといえば焼却」「どちらともいえない」「どちらかといえば埋立」「埋立」の5種類である。

表2に示すように、投票は4回行っている。1回目は情報提供前の空白として午前、午後はプラスチックごみ処理方法の周知およびルールの説明後に2回目、環境情報解説後に3回目、グループ討論後に4回目の投票を頂いた。これによって、様々な情報や討論による意識変化の影響を観察した。

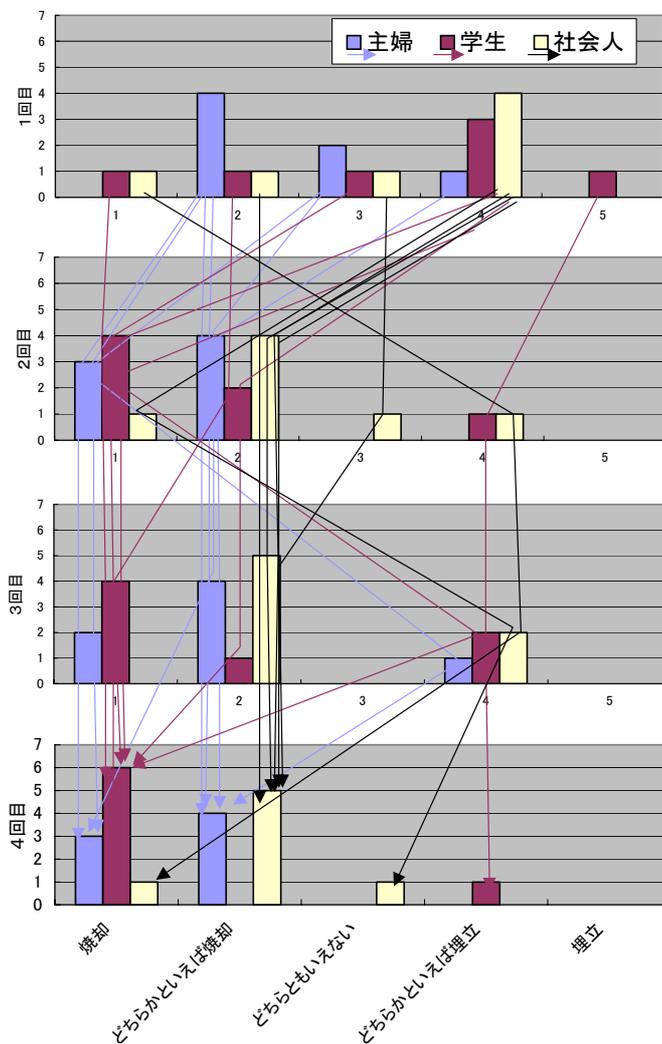


図1 参加者による4回の投票結果

2.5 提示した環境情報

環境情報は事前に準備され、表3のようなものを提示した。解説の時間では、二酸化炭素、ダイオキシン類、処分場のそれぞれについて、各専門家から講義を行った。総じて、ダイオキシン類などによる健康影響の不確実性と、東京湾の処分場の残余年数30年に関心が集まり、投票ではそれが判断材料になる参加者が多かった。

3. 結果と考察

結果の概略を図1に示す。

まず、1回目は焼却から埋立まで投票結果が広く分散していた。A区を含む都23区ではプラスチックは不燃ごみとして収集されているが、事前に予想したよりも焼却に対する抵

抗は小さいようであった。

2 回目の投票前は、プラスチックを焼却している現状紹介程度の情報しか提示していない。それにも関わらず、多くの参加者が焼却を指示する方向へ判断を変化させた。これより、処理方法などの基礎情報の提供とともに、「プラスチックは埋立」という自区内の分別方法に基づくバイアスを排除することが、客観的な判断に重要であることが示されたといえる。

また、3 回目の投票前の環境情報提供、ならびに 4 回目の投票前のグループ討論は、図に示されたとおり、いくらかの参加者の判断を変更させたが、大きいものではなかった。環境情報の提供によって生じる意識の変化は期待されたほどは大きくなく、むしろ前述の基礎情報提供やバイアス排除の影響が大きかった。

しかしながら、これら全ての情報提供によって、市民の判断が明確に変化し、焼却の側へとほぼ収束したことは注目に値する。情報提供の不十分なアンケート調査などだけでは、ここで示す 1 回目と同様の結果しかえられない可能性があり、市民の意見の獲得には注意が必要と考えられた。

このほか、少数であるが、埋立を支持する意見もみられたことから、同一の環境情報によっても個別の参加者による受け止め方の差が大きい場合があることが確認された。

(2)研究成果の今後期待される効果

以上より、基礎情報提示とバイアス排除、価値観の把握の重要性が確認された。また、東京都ではプラスチックをはじめとする処理計画の見直しが進められているが、質の高い情報提供とともに、市民参加の枠組みの保証などが必要と考えられる。

3. 4. 3 飲料容器のリサイクルシステム比較のための統合評価

(1)研究内容及び成果

背景と目的

廃棄物対策を考えると、処理に伴う二酸化炭素やダイオキシン類の発生を重大な問題として論じられることが多くなっている。あるいは廃棄物処理施設の立地が問題となったり、大量生産・消費・廃棄の構造自体が問題視されることもある。廃棄物が多様な問題と関連していることは言うまでもないが、リサイクルなどの施策によってどの問題がどの程度改善するのか、などに関する議論は十分ではない。

著者ら[1,2]はこれまで、多様な環境問題をどのように整理して考え、それらの重大性をどのように認識すべきかについての研究を行ってきた。その手法はライフサイクルインパクトアセスメント（LCIA）の統合評価プロセスに適用できる手法である。本研究では、容器包装の処理・リサイクルの現状がどのような環境問題と関連しているか、様々な施策によってどの問題が改善されるのか、について明らかにすることを目的として、LCIA の統合評価プロセスを廃棄物対策検討の場に適用することを試みた。

多様な環境問題の重要性に関する重みづけ

[LCIA における統合評価プロセス]

多様な環境問題の重みづけを行う方法は、ライフサイクル評価におけるインパクト評価に相当するものである。海外や国内でもインパクト評価手法の開発が数例報告されているが、手法によって評価結果が異なること、環境問題や保護・保全対象（または Safeguard Subject）の設定及びその構造に関して十分な議論が行われていないこと、既存の重みづけ係数の設定理由が必ずしも透明でないこと、などの問題が指摘されている。廃棄物は多様な問題と関係しているため、一つの問題の改善を目指した結果、他に重大な問題を引き起こさぬような配慮も必要である。

[環境問題の重要性に関する重みづけ]

比較リスク法とは、米国において予算配分などのために地域の環境問題の優先順位付けを行うことを目的として開発されたものである。前回の会議で報告されたように、松橋ら[1,2]は米国の手法を参考にして、1997年及び1998年に環境問題専門家を集めて開催したワークショップによって、15種類の環境問題と4種類の保護対象を定義した。さらに、15種類の環境問題と4種類の影響の行き着く先の組合せに対する参加者の得点付けから、有害化学物質汚染による生存基盤・健康に与える影響が最も重要度が高いという結果を得た。

このようにして得られた15種類の環境問題を全て考慮することは、現状では困難であ

るため、本研究では廃棄物に関わりの深いものとして、有害化学物質汚染、地球規模大気変動、大量生産・消費・廃棄、地域大気汚染、大規模自然開発、迷惑施設の立地の代表的な6種類の環境問題を考慮することとした。

表1 シナリオの概要

シナリオ		スチール缶	アルミ缶	ガラスびん	紙パック	PETボトル
現状	回収率	47.7%	68.0%	59.3%	28.0%	-
	クローズドリサイクル	-	47.7%	52.5%	-	-
	カスケードリサイクル	47.7%	20.3%	6.8%	28.0%	-
	焼却・埋立	52.3%	32.0%	40.7%	72.0%	100.0%
リサイクルⅠ	回収率	80.0%	72.4%	65.0%	80.0%	30.0%
	クローズドリサイクル	-	53.1%	52.5%	-	-
	カスケードリサイクル	80.0%	19.3%	12.5%	80.0%	30.0%
	焼却・埋立	20.0%	27.6%	35.0%	20.0%	70.0%
リサイクルⅡ	回収率	80.0%	72.4%	65.0%	80.0%	80.0%
	クローズドリサイクル	40.0%	72.4%	65.0%	40.0%	80.0%
	カスケードリサイクル	40.0%	-	-	40.0%	-
	焼却・埋立	20.0%	27.6%	35.0%	20.0%	20.0%

方法

[対象とシナリオ]

評価の対象は、1996年度の首都圏のA市において消費された飲料容器である。容器の種類は、スチール缶・アルミ缶・ガラスびん（ワンウェイ）・PETボトル・紙パックである。

シナリオは、現状、リサイクルⅠ、リサイクルⅡの3通りを検討する。現状のシナリオには前に著者ら[3]が得たリサイクル率を用いる。リサイクル

ⅠとリサイクルⅡは概ね、容器包装リサイクル法の目標達成、循環型リサイクルの実現をそれぞれ想定したものである。概要を表1に示す。

[インベントリー分析]

まず、既存の環境負荷原単位などを利用したインベントリー分析によって、現状シナリオにおける各容器の単位容量（1L）消費あたりの環境負荷を求める。環境負荷は6種類の環境問題と関連づけられるものを考慮して、表2に示すようにCO2、NOx、SOx、ダイオキシン類、廃棄物排出量、エネルギー消費量、焼却処理量、埋立処分量を選択した。ダイオキシン類の排出原単位として定まったものはないが、有害化学物質汚染の重要度を勘案して、あえて代表的な環境負荷として含めている。ここでは高めの暫定値ではあるが、可燃物1kgあたり1.0×10⁻⁷g-TEQなる排出原単位を用いる。この数値は、焼却時のダイオキシン類の排出が全ての可燃物から均等に生じるという仮定の下で、A市の可燃物量と一般廃棄物焼却由来ダイオキシン類排出量から推定したものである。この他、大量生産・消費・廃棄は廃棄物排出量とエネルギー消費量で表現することとし、その寄与は均等とする。また、大規模自然開発は埋立処分場の建設で、迷惑施設の立地は焼却施設と埋立処分場の建設でそれぞれ表現されると仮定した。

表2 環境問題と環境負荷の関係

環境問題	環境問題の重要度*	本研究で環境問題と関連づける環境負荷**
有害化学物質汚染	16%	ダイオキシン類
地球規模大気変動	12%	CO2
大量生産・消費・廃棄	10%	廃棄物排出量(0.5) エネルギー消費量(0.5)
地域大気汚染	9%	NOx(0.5) SOx(0.5)
大規模自然開発	7%	埋立処分量
迷惑施設の立地	3%	焼却処理量(0.5) 埋立処分量(0.5)

* 松橋ら[1,2]の数値から算出したもの。15種類の環境問題の合計が100%となる。

** 全て重量で表現する。()内は同一環境問題内における環境負荷の寄与の仮定値を示す。例えば、A市のNOx排出量とSOx排出量は等価として扱う。

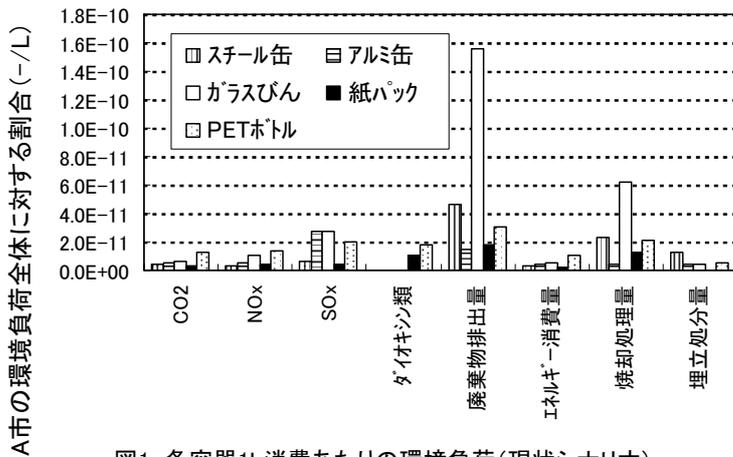


図1 各容器1L消費あたりの環境負荷(現状シナリオ)

[重みづけ係数を用いたインパクト評価]

次に、各容器間で単位容量消費あたりの環境インパクト(環境問題に対する影響の大きさ)を比較する。ここでは、上で求めた 1L 消費あたりの環境負荷を A 市における年間環境負荷で除して、A 市の環境負荷全体に対する 1L 消費あたりの割合を求める。また、そ

れぞれの環境負荷と関連づけられた環境問題の重要度を乗じることで、A 市の環境インパクト全体に対する 1L 消費あたりの割合を求めることができる。なお、A 市における環境負荷は、政府報告書などで得た全国の環境負荷推計値に A 市の民力総合指数を乗じて得る。

さらに、A 市における各容器の年間消費量に乗じることで、A 市の環境インパクト全体に対する各容器の消費による寄与を計算する。これを、現状以外のリサイクル I、リサイクル II のシナリオについても行う。

結果と考察

[インベントリー分析]

A 市の現状シナリオにおける、各容器での飲料 1L 消費あたりの環境負荷を図 1 に示す。ここでは A 市の環境負荷全体を 1 としているが、廃棄物排出量が相対的に最も大きな環境負荷であることがわかる。廃棄物排出量や焼却処理量は重量単位であるので、ガラスびんにはやや不利な評価となっている。一方、CO₂ や NO_x のような排出物の環境負荷は大きくない。

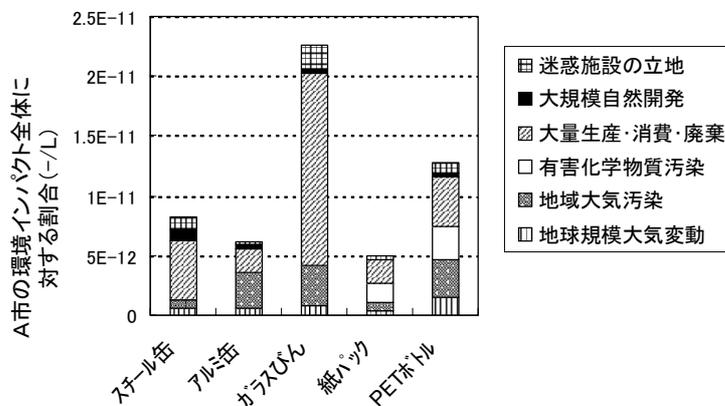


図2 各容器1L消費あたりの環境インパクト(現状シナリオ)

[比較リスク評価を用いたインパクト評価]

各容器 1L 消費あたりの環境負荷を環境問題ごとに統合し、環境問題の重要度を乗じたものが図 2 である。これより、単位容量あたりで比較すると、ガラスびんの環境インパクトが大きく、PET ボトルが続いている。他の 3 種類の容器はさほど大差はない。

環境インパクトの内訳を比較すると、大量生産・消費・廃棄の問題の占める割合が各容器とも全体のおよそ半

分あるいはそれ以上を占めている。特に、ガラスびんやスチール缶は大量生産・消費・廃棄の問題が 6~7 割と大きい。地球規模大気変動や地域大気汚染のような排出物の問題は全体的に小さい。PET ボトルや紙パックにつ

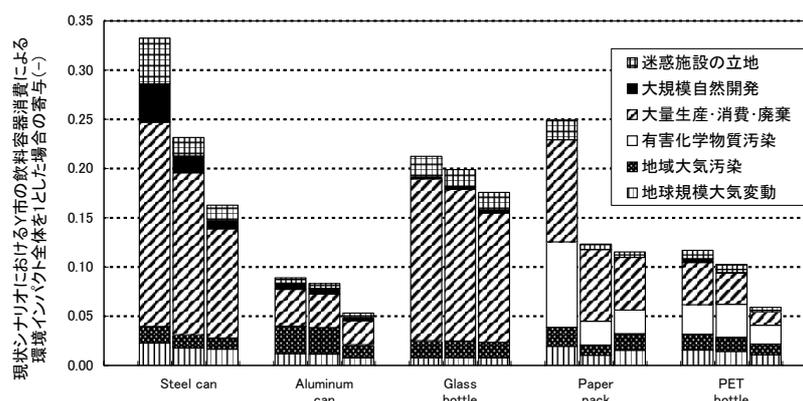


図3 各容器消費によるY市の環境インパクト
(左から、現状、リサイクル I、リサイクル II のシナリオの順)

いては、焼却時のダイオキシン類による有害化学物質汚染の問題も認められている。大規模自然破壊や迷惑施設の立地の問題は、概して大きな割合は占めていない。

さらに、A市における各容器年間消費量あたりの環境インパクトを算出し、現状以外にリサイクル I、リサイクル II の各シナリオについても比較したものが図 3 である。ここでは、現状シナリオの環境インパクト全体を 1 として表現している。現状シナリオでは、消費量が大きく回収率が小さいスチール缶の環境インパクトが大きくなり、全体の 3 分の 1 を占めるに至っている。紙パックも消費量が大きく現状の回収率が小さいため、スチール缶に次いで環境インパクトは大きい。

リサイクル I、II とリサイクルが進むにつれて、スチール缶や紙パックの環境インパクトは大幅に減る一方、ガラスびんはあまり小さくならない。これは、ワンウェイガラスびんのリサイクルがあまり進まないシナリオを設定したためである。アルミ缶や PET ボトルの環境インパクトは全てのシナリオで小さいが、両方とも近年の消費量の伸びは著しいため、今後は環境インパクトも上昇することが考えられる。なお、紙パックのリサイクル I、II シナリオにおける焼却量減少に応じて有害化学物質汚染の寄与が大幅に低下している以外は、環境問題間のバランスについては目立って大きな変化はない。

(2)研究成果の今後期待される効果

飲料容器の消費に関しては、大量生産・消費・廃棄が最も重要な環境問題であることが示された。これと比較して、地球規模大気変動や地域大気汚染の重要度は小さかった。有害化学物質汚染については、これを考慮した紙パックや PET ボトルでその寄与が認められた。ダイオキシン類の排出原単位が定まっていない現状で、本研究のように焼却炉に入る可燃物に全てその寄与を按分すると仮定した場合には、決して無視できない問題である可能性が示されているといえる。

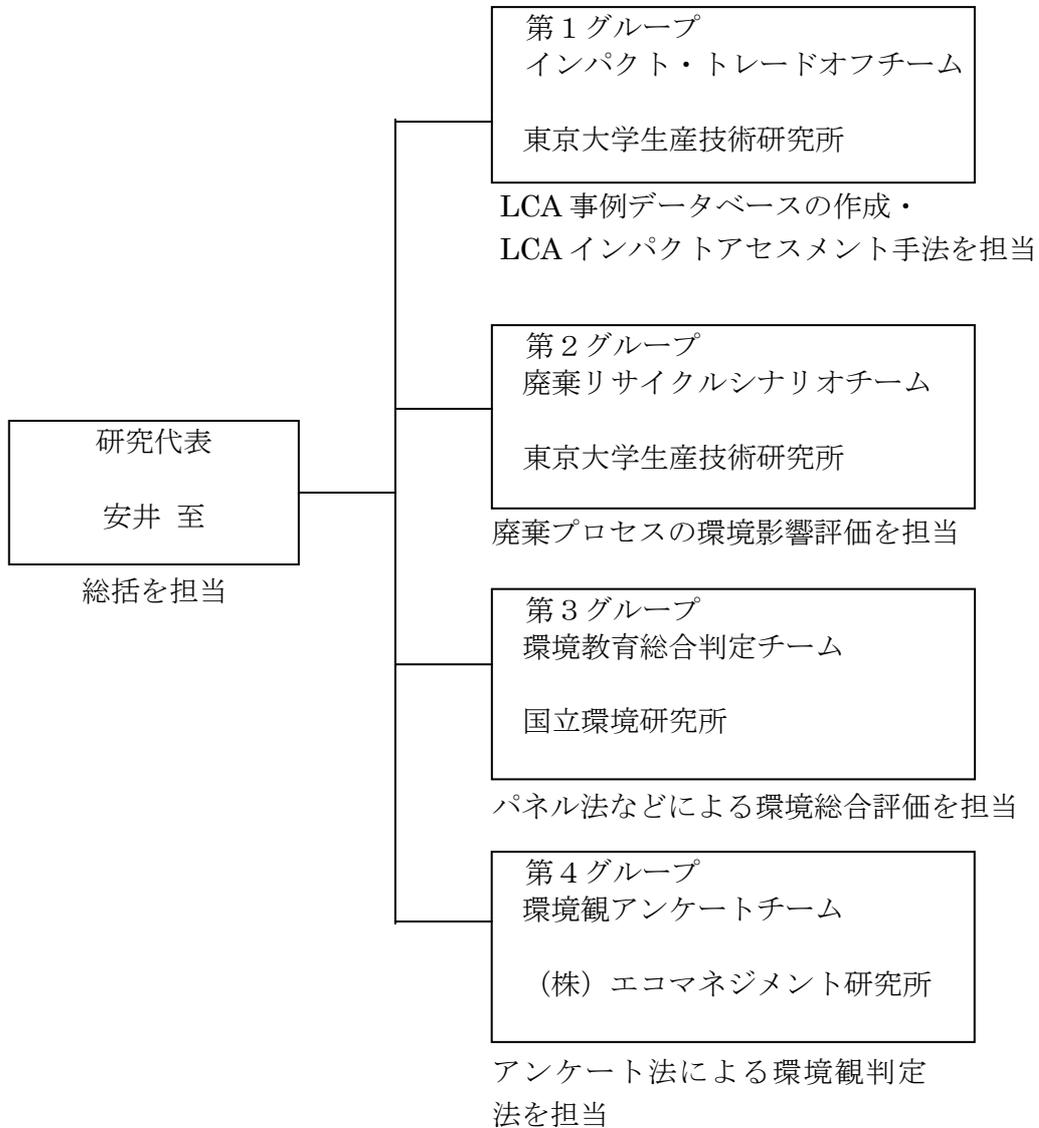
本研究は比較リスク評価手法を用いた容器包装のライフサイクル評価を行い、関心の高い環境問題の所在やその変化を把握しようと試みたものである。課題として、比較リスク評価手法で得た重みづけ係数の代表性の他に、同一環境問題内の環境負荷間の按分問題(環境問題と環境負荷の関連づけ)や、同一環境負荷内の按分問題(ダイオキシン類の排出原単位を含む)など多くが挙げられる。

文献

- [1] K.Matsuhashi, A.Terazono, Y.Moriguchi : Identification of environmental problem areas and safeguard subjects for a valuation process in LCIA, Proceedings of The Third International Conference on EcoBalance, pp.73-76 (1998)
- [2] 松橋啓介, 森口祐一, 寺園 淳, 田辺 潔: 問題領域と保護対象に基づく環境影響総合評価の枠組み, 環境科学会誌, Vol.13, No.3, pp.405~419 (2000)
- [3] 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. ~ (2000). (印刷中)

4. 研究実施体制

(1)体制



(2)メンバー表

①インパクト・トレードオフチーム (第1グループ))

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
安井 至	国際連合大学	副学長	LCAインパクトアセスメント法	全期間
松村 寛一郎	関西学院大学	助教授	LCAインパクトアセスメント法	平成13年4月～
坂村博康	東京大学生産技術研究所	助手	トレードオフデータ作成	全期間
伊藤健司	東京大学生産技術研究所	CREST 研究員	トレードオフデータ作成	平成12年4月～ 平成13年9月
二宮和之	東京大学生産技術研究所	CREST 研究員	パソコンによる情報伝達技術	平成12年4月～ 平成13年9月
三浦 由子	東京大学生産技術研究所	補助員	事務処理など	平成13年4月～ 平成16年9月
中澤克仁	東海大学大学院	博士研究員	LCA分析事例集の作成	平成13年11月～ 平成15年9月
船越 誠	東京大学生産技術研究所	CREST 研究員	アンケート調査のためのワークショップ研究	平成14年1月～ 平成15年3月
山田耕平	東京大学生産技術研究所	CREST 研究員	アンケート調査のためのワークショップ研究	平成14年4月～ 平成15年3月
鳩山 宜伸	東京大学大学院	後期博士課程学生	トレードオフデータ作成のためのLCA分析	平成12年4月～ 平成16年3月
二上 俊郎	東京大学生産技術研究所	博士研究員	LCAにおける原単位収集	平成15年5月～ 平成16年8月
小倉 礁	東京大学生産技術研究所	CREST 研究員	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査	平成15年4月～ 平成16年10月
錫木 圭一郎	東京大学生産技術研究所	CREST 研究員	飲料容器に関するワークショップ調査	平成15年4月～ 平成16年10月
原 美永子	東京大学生産技術研究所	博士研究員	環境情報伝達のためのリスク分析およびインパクト解析手法の開発	平成12年4月～ 平成15年3月 平成16年4月～ 平成17年3月

②廃棄リサイクルシナリオチーム（第2グループ）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
山本 良一	東京大学生産技術研究所	教授	廃棄リサイクルシナリオ段階の環境負荷研究評価	全期間
田鎖 功治	東京大学生産技術研究所	環境リサーチャー	廃棄リサイクルの環境負荷推定	平成12年8月～平成14年3月

③環境教育総合判定チーム（第3グループ）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
寺園 淳	国立環境研究所	主任研究員	環境総合判定、環境教育	全期間
森口 祐一	国立環境研究所	室長	環境総合判定、環境教育	全期間
松橋 啓介	国立環境研究所	研究員	環境総合判定	全期間
吉田 早苗	国立環境研究所	環境リサーチャー	教育用伝達情報の整理	平成12年5月～平成14年3月

④環境観アンケート法チーム（第4グループ）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
森下 研	(株)エコマネジメント研究所	代表	アンケートによる環境観把握	全期間
檜島 貴子	東京大学生産技術研究所	補助員	データ発送、整理など	平成12年4月～平成13年3月
戸次 修造	(株)エコマネジメント研究所	補助員	データ発送、整理など	平成15年6月～平成15年12月

5. 研究期間中の主な活動

(1) ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成12年7月21日～8月7日	21世紀夢の技術展	東京ビッグサイト	5117人	パソコンを用いた自動集計調査
平成13年8月23日	牛乳容器と環境を考えるワークショップ	国立環境研究所	32人	学校給食用牛乳容器の選択をテーマとして利害関係者を集めたワークショップを開催
平成14年2月5日	プラスチックごみを考えるワークショップ	目黒区防災センター会議室	21人	情報の提供による市民の意識変化の可能性を探る
平成14年5月28日～31日	2002New環境展 東京会場	東京ビッグサイト	1,329人	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査
平成14年9月4日～7日	2002New環境展 大阪会場	大阪市（インテックス大阪）	1,474人	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査
平成14年10月16日	インパクト評価手法開発の為の情報伝達に関する調査	東京大学生産技術研究所	43人	大学生を対象としたアンケート調査を実施した
平成14年10月23～25日	エコテクノ2002	北九州市（西日本総合展示場）	924名	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査
平成14年10月29日	インパクト評価手法開発の為の情報伝達に関する調査	アイビー青学会館	73人	大学生を対象としたアンケート調査を実施した
平成15年9月3日～6日	2003New環境展	大阪市（インテックス大阪）	1,339人	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査
平成15年9月16日	商品選択の一例から見た“容器から見たビール”ワークショップ 第一回	東京大学生産技術研究所	12人	リターナブルびんに関するワークショップ
平成15年10月22～24日	エコテクノ2003	北九州市（西日本総合展示場）	1,037人	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査

平成15年11月14日	商品選択の一例から見た“容器から見たビール”ワークショップ 第二回	東京大学生産技術研究所	12人	リターナブルびんに関するワークショップ
平成15年12月3日	商品選択の一例から見た“容器から見たビール”ワークショップ 第三回	東京大学生産技術研究所	9人	リターナブルびんに関するワークショップ
平成15年12月11～13日	エコプロダクツ2003	東京都（東京ビックサイト）	2,012名	パソコンを用いた環境情報の伝達と環境意識調査
平成16年8月5日・6日	ビールに関するコンジョイント調査ワークショップ	東京大学生産技術研究所	80人	商品（ビール）選択に関するワークショップ

(2)招聘した研究者

なし

6. 主な研究成果物、発表等

(1) 論文発表 (国内 99件、海外 4件)

- [1] 松橋啓介、森口祐一、寺園 淳、田辺 潔「問題領域と保護対象に基づく環境影響総合評価の枠組み」、環境科学会誌、Vol.13、No.3、pp.405～419 (2000)
- [2] 安井 至、坂村博康、伊藤健司、二宮和之、CREST研究「社会的受容性獲得のための情報伝達技術の開発」、生産研究、53(4)、226 (2001)
- [3] 桂 徹、庭田博章、中澤克仁、片山恵一、坂村博康、安井 至、上質紙のLCA：ライフサイクル・インベントリー、紙パルプ技術協会誌、54、1108-1115 (2000)
- [4] 安井 至、大川隆司、駒谷 進、坂村博康、知久 清、中澤克仁、中村秀次、西谷信雄、山城孝志、吉田 陽、LCA手法による容器間比較報告書、容器間比較研究会報告書、2000年5月
- [5] 安井 至、坂村博康、中澤克仁、中村秀次、山本義美、橋本治樹、飲料容器のリターナブル化による地球温暖化防止効果の試算報告書、全国地球温暖化防止活動推進センター リターナブル化試算プロジェクト、2000年5月
- [6] 坂村博康、森下研、田中浩二、安井 至、飲料用アルミ缶のリサイクルによる環境負荷低減効果、環境科学会誌、13、469-482 (2000)
- [7] 中澤克仁、片山恵一、坂村博康、安井 至、ポリ塩化ビニルの熱分解時に発生する塩化水素の抑制、日本化学会誌、No.1、p45-53、(2001)
- [8] 安井 至、遺伝子組換え食品問題は広く環境問題としてとらえ急ぎすぎないこと、列島ジャーナル、16、p1
- [9] 安井 至、リターナブルびんが作る循環型社会、婦人の友、2000年9月号、p110～115、
- [10] 安井 至、IT社会のハードから見た課題、ゼロエミッションシンポジウム2000 予稿集、p15～16
- [11] 安井 至、環境問題には「絶対的真理」は存在しない、The 21、18巻5号、2001年 p82～83 PHP研究所 2001
- [12] 安井 至、環境の世紀を展望するー市民の役割は何か、生活と環境、No.1、Vol46、p30-31、(2001)
- [13] 安井 至、化学者のための環境学講座「化学は環境科学への入り口」、化学、Vol.56、No.1、p36-37 (2001)
- [14] 安井 至、化学者のための環境学講座、化学、Vol.56、2月号 2001
- [15] 安井 至、化学者のための環境学講座、化学、Vol.56、3月号 2001
- [16] 安井 至、化学者のための環境学講座、グリーンな物質とLCA的考え方、化学、Vol.56、4月号、p42～43、化学同人 2001
- [17] 非木材パルプ及び古紙パルプを配合した上質紙のライフサイクルインベントリー分析、中澤克仁、片山恵一、桂徹、坂村博康、安井至、紙パルプ技術協会誌、Vol.55、No.6、pp838-852、2001.6 C
- [18] 安井 至、「循環」を再考する<相互評論>、日本機械学会誌、Vol.104、No.995、p659-663 2001 G
- [19] 安井 至、LCAの果たすべき社会的役割、化学工学、Vol.65、No.3、pp119-122 (2001) 2001 G
- [20] 安井 至、グリーン・エコとは何か、もう一度考える、廃棄物学会、Vol.12、No.4、p232-239 (2001) 2001 G
- [21] 安井 至、21世紀の地球環境と材料開発、繊維と工業、Vol.57、No.7、p197-201 (2001) 2001 G
- [22] 安井 至、21世紀の車のエネルギー、化学と教育、Vol.49、No.2、pp94-96 (2001) 2001 G

- [23] 安井 至、環境問題 読み書きソロバン、文藝春秋、 2001 G
- [24] 安井 至、化学者のための環境学講座－「化学は環境科学への入り口」、化学、Vol.56,No.1,p36-37 (2001) 2001 G
- [25] 安井 至、化学者のための環境学講座－リサイクル法とグリーン調達法、化学、Vol.56,No.2、p44-45、化学同人 2001 G
- [26] 安井 至、化学者のための環境学講座－「グリーン」「エコ」を判定する、化学、Vol.56,No.3、 p44-45、化学同人 2001 G
- [27] 安井 至、化学者のための環境学講座－グリーンな物質とLCA的考え方、化学、Vol.56,No.4、pp42-43、化学同人 2001 G
- [28] 安井 至、化学者のための環境学講座－グリーンケミストリー、化学、Vol.56,No.5、p52-53、化学同人 2001 G
- [29] 安井 至、化学者のための環境学講座－再びグリーンケミストリー、化学、Vol.56,No.6、p50-51、化学同人 2001 G
- [30] 安井 至、化学者のための環境学講座－水道水は危険か、化学、Vol.56,No.7、p52-53、化学同人 2001 G
- [31] 安井 至、化学者のための環境学講座－究極の環境問題－NIMBY、化学、Vol.56,No.8、p46-47、化学同人 2001 G
- [32] 安井 至、化学者のための環境学講座－化学物質過敏症と環境問題、化学、Vol.56,No.9、p56-57、化学同人 2001 G
- [33] 安井 至、化学者のための環境学講座－環境ホルモン問題の今後、化学、Vol.56,No.10、p52-53、化学同人 2001 G
- [34] 安井 至、化学者のための環境学講座－「環境ホルモン」としての規制、化学、Vol.56,No.11、p52-53、化学同人 2001 G
- [35] 安井 至、化学者のための環境学講座－環境問題の解決とエコプレミアム、化学、Vol.56,No.12、p60-61、化学同人 2001 G
- [36] 安井 至、グリーンインデックスとLCA、環境触媒とグリーンケミストリー、CMC(2001)、pp45-54 2001 G
- [37] 安井 至、新世紀のEcology－環境とIT、Link、2001.9、p1 2001 G
- [38] 安井 至、環境の世紀を展望する－市民の役割は何か、生活と環境、No.1、Vol46、p30-31、2001 2001
- [39] 安井 至、環境問題には「絶対的真理」は存在しない、The 21、18巻5号、2001 p82-83 PHP研究所 2001 G
- [40] 安井 至、新世紀のEcology－水が環境を決める、Link、2001.7、p1 2001
- [41] 安井 至、蕨岡達慈、小島秀隆、野島春紀、御園生誠、樹脂リサイクルの現状と今後の展望、ペトロテック、Vol.24、No.6、p440-449 (2001) 2001 G
- [42] 安井 至、LCA理論から実践へ、月刊地球環境、Vol32,No.11、p46 (2001) 2001 G
- [43] 安井 至、LCA、3Rの視点から見た高分子材料とは、ポリマーフロンティア2001/3、p18-23 2001 G
- [44] 安井 至、環境情報をいかに的確に把握するか－テクノロジートランスファーの前提条件、JASPA News 21、p3 2001 G
- [45] 安井 至、21世紀の車のエネルギー、配管技術、2001.11、p24-28 2001 G
- [46] 安井 至、新世紀のEcology－究極的環境論、Link、2001.5、p1 2001 G
- [47] 安井 至、21世紀の環境問題と化学物質管理、情報伝達手法、可塑剤インフォメーション、No.14、p5-9 (2001) 2001 G
- [48] 安井 至、「循環型社会構築の戦略」、21世紀の地球環境、中央法規、3月1日、2002
- [49] 安井 至、「環境と健康 誤解、常識、非常識」、丸善、2002. 8. 24 2002

- [50] 安井 至編著、“リサイクルの百科事典”、丸善、2002.2 2002
- [51] 安井 至（執筆分担）、“リスクコミュニケーション”、産業調査会、事典出版センター 2003
- [52] 安井 至、“リサイクル 回るカラクリ、止まる理由（わけ）”、日本評論社、2003.5
- [53] 安井至（監修）、“マンガ先端技術、「環境科学編」”、日経ホーム、2003
- [54] 安井 至、“続・環境と健康 誤解、常識、非常識”、丸善、2003.2
- [55] 安井 至、“環境調和型材料の指標化”、未来材料、2巻、4号、30-35（2002） 2002
- [56] 安井 至、“LCAの現状と今後の展望”、環境管理、Vol38、No.4、289-296(2002) 2002
- [57] 安井 至、“環境コミュニケーションと市民合意の形成”、産業と環境、31巻、1号、pp27-31 2002
- [58] 安井 至、“世界に通用する日本のグリーンケミストリー基準”、GSCNN e w s L e t t e r、No. 4、（2002） 2002
- [59] 安井 至、“グリーンとは何か How to Measure Green?”、化学と工業、55巻、4号、460-462、（2002） 2002
- [60] 安井 至、“21世紀環境危機予測 なぜ循環型社会なのか”、Civil Engineering Consultant, Vol215, April 2002, pp8-12 2002
- [61] 安井 至、“捨てる時代からリサイクルの時代へ”、BUILCARE、141 2002 Winter、p7 2002
- [62] 安井 至、“放射線の人体影響は！?”、環境&ビジネス p118、11、2002
- [63] 安井 至、“バランスの妙 PVCニュース創刊10周年に寄せて”、PVCニュース、No.40、2002年3月 2002
- [64] 安井 至、“環境学を目指す諸君へ”、AZEST、2002. 1、p30-31 2002
- [65] 安井 至、“電磁波による人体影響は ある？ ない?”、環境&ビジネス p122、12、2002
- [66] 安井 至、“野積み廃棄物規制強化 環境省方針”、環境&ビジネス、p118、1、2003
- [67] 安井 至、“持続型消費と企業の役割”、学術の動向、8巻、5号、p15~18、2003
- [68] 安井 至、“持続型消費と企業の役割”、三菱電機技報、77巻、5号、p297、(2003)
- [69] 安井 至、“エコミシュラン 丸ビル”、日経エコロジー、1月号 2003
- [70] 安井 至、“エコミシュラン エアコン”、日経エコロジー、2月号 2003
- [71] 安井 至、“エコミシュラン 液晶プロジェクター”、日経エコロジー、3月号 2003
- [72] 安井 至、“エコミシュラン IHクッキング”、日経エコロジー、4月号 2003
- [73] 安井 至、“エコミシュラン マイナスイオン”、日経エコロジー、5月号 2003
- [74] 安井 至、“エコミシュラン 携帯電話カメラ付き”、日経エコロジー、6月号 2003
- [75] 安井 至、“エコミシュラン 100円ショップ”、日経エコロジー、7月号 2003
- [76] 安井 至、“エコミシュラン 電球”、日経エコロジー、8月号2003
- [77] 安井 至、“エコミシュラン 入浴剤”、日経エコロジー、9月号 2003
- [78] 安井 至、“エコミシュラン スターバックスコーヒー”、エコミシュラン 日経エコロジー、10月号 2003
- [79] 安井 至、“エコミシュラン ミニバン”、日経エコロジー、11月号 2003
- [80] 安井 至、“エコミシュラン DVDレコーダー”、日経エコロジー、12月号 2003
- [81] 安井 至、“エコミシュランの12ヶ月 化学物質編”、エコプロダクツガイド2004、p106、日経BP社 2004
- [82] 安井 至、“エコミシュランの12ヶ月 省エネ”、エコプロダクツガイド2004、p120、日経BP社 2004
- [83] 安井 至、“エコミシュラン 年賀状”、日経エコロジー 1月号 2004

- [84] 安井 至、“エコミシュラン 高断熱住宅”、日経エコロジー 2月号 2004
- [85] 安井 至、“エコミシュラン 電動自転車”、日経エコロジー 3月号 2004
- [86] 安井 至、“エコミシュラン 洗濯乾燥機”、日経エコロジー 4月号 2004
- [87] 安井 至、“エコミシュラン 割りばし”、日経エコロジー 5月号 2004
- [88] 安井 至、“エコミシュラン 特定保健用食品”、日経エコロジー 6月号 2004
- [89] 安井 至、“エコミシュラン オール電化マンション”、日経エコロジー 7月号 2004
- [90] 中澤克仁(科学技術振興事業団)片山恵一(東海大学工学研究科)坂村 博康、安井 至(東京大学生産技術研究所)「小売店より排出された生ごみのコンポスト化処理システムのインベントリー分析」日本エネルギー学会誌(81巻、11号、2002年)
- [91] 中澤克仁(科学技術振興事業団)片山恵一(東海大学工学研究科)坂村 博康、安井 至(東京大学生産技術研究所)宮崎英敏(静岡大学)「紙製品の溶融化処理における環境的評価」紙パルプ技術協会誌(56巻、9号、2002年)
- [92] 中澤克仁、伊藤健司(科学技術振興事業団)片山恵一(東海大学工学研究科)坂村 博康、安井 至(東京大学生産技術研究所)「飲料容器のライフサイクルインベントリー分析」日本包装学会誌
- [93] 中澤克仁(科学技術振興事業団)片山恵一(東海大学工学研究科)川崎源雄(キリンビール株式会社)坂村博康、安井至(東京大学生産技術研究所)、「ビール・発泡酒用アルミ缶のLCI分析」、日本包装学会誌、Vol.12, No.2, 2003.
- [94] 中澤克仁(科学技術振興事業団)片山恵一(東海大学工学研究科)伊藤正皓(石川島播磨重工業)坂村博康、安井至(東京大学生産技術研究所)「産業廃棄物系プラスチックにおけるBTX回収システムのインベントリー分析」日本エネルギー学会誌
- [95] 原美永子(東京大学生産技術研究所)、中澤克仁(科学技術振興事業団)、片山恵一(東海大学工学研究科)、坂村博康、安井至(東京大学生産技術研究所)、「仮想環境下における鉛はんだ及び鉛フリーはんだからの溶出挙動」、エレクトロニクス実装学会誌、Vol.6, No.2, 2003.
- [96] 中澤克仁(科学技術振興事業団)、本田智則(東京大学生産技術研究所)、桂徹(三菱製紙株式会社)、片山恵一(東海大学工学研究科)、山本良一(東京大学 国際産学共同研究センター)、安井至(東京大学生産技術研究所)、「非木材パルプ及び古紙パルプを配合した上質紙のライフサイクル影響評価」、紙パルプ技術協会誌、Vol.57, No.8, 2003.
- [97] 中澤克仁(科学技術振興事業団)、片山恵一(東海大工学研究科)、伊東正皓(石川島播磨重工業株式会社)、坂村博康、安井至(東京大生産技術研究所)「産業廃棄物系プラスチックにおけるBTX回収システムのインベントリー分析」日本エネルギー学会誌
- [98] 中澤克仁(科学技術振興事業団)、片山恵一(東海大学工学研究科)、坂村博康、安井至(東京大学生産技術研究所)「イベント会場でのリターナブルカップ利用による環境負荷の低減効果」日本エネルギー学会誌
- [99] Yoshinobu Hatoyama, Hiroyasu Sakamura, Kan-ichiro Matsumura and Itaru Yasui, A Study on the Energy Balance during the Polymerization Process 1st COE21 International Symposium on Human-Friendly Materials Based on Chemistry, 75-76, (2003).
- [100] 原美永子, 中澤克仁(科学技術振興事業団), 片山恵一, 坂村博康, 安井至(東京大学生産技術研究所)「鉛はんだの廃棄プロセスにおける環境リスク評価とエネルギー分析」環境科学会誌, 17(4): 263-274(2004)
- [101] Minako Hara, Katsuhito Nakazawa, Tomonori Honda, Hong Xuan Nguyen, Ryoichi Yamamoto and Itaru Yasui, “Mercury emissions and energy consumption in used fluorescent tube treatment” Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.29, No.5, pp.2129-2131
- [102] Minako Hara, Tomonori Honda, Hong Xuan Nguyen, Katsuhito Nakazawa, Ryoichi Yamamoto and Itaru Yasui, “Estimation of Human health and Environmental Effects of lead solder at Disposal Stage” Journal of Environmental Planning Society (in printing)

[103] Minako Hara, Katsuhito Nakazawa, Tomonori Honda, Hong Xuan Nguyen, Ryoichi Yamamoto and Itaru Yasui, "Risk evaluation with waste scenario --Lead emission in solder waste treatment", Journal of Material Cycles and Waste Management (in printing)

(2) 口頭発表

・招待、口頭講演 (国内 27件、海外 35件)
(国際会議発表)

- [1] 大川隆司、安井 至、坂村博康、駒谷 進、中澤克仁、中村秀次、西ヶ谷信雄、山城孝志、吉田 陽、知久 清、飲料容器の素材選定、第4回エコバランス国際会議講演集、p103~106 (2000)
- [2] 安井 至、坂村博康、中澤克仁、大川隆司、知久 清、時間消費法による飲料容器のインパクト分析、第4回エコバランス国際会議講演集、p257~260 (2000)
- [3] 中澤克仁、片山恵一、桂 徹、坂村博康、安井 至、非木材パルプと古紙パルプによる上質紙のライフサイクルインベントリー分析、第4回エコバランス国際会議講演集、p459~462 (2000)
- [4] 田中浩二、森下 研、坂村博康、安井 至、日本におけるガラスビンのライフサイクル分析(リユース回数、カレット率、ビン重量が環境に及ぼす低減効果)、第4回エコバランス国際会議講演集、p463~464 (2000)
- [5] 知久 清、安井 至、坂村博康、駒谷 進、中澤克仁、中村秀次、西ヶ谷信雄、山城孝志、大川隆司、LCA手法による容器間比較、第4回エコバランス国際会議講演集、p473~476 (2000)
- [6] 坂村博康、安井 至、森下 研、田中浩二、日本におけるアルミ缶のライフサイクルフロー解析、第4回エコバランス国際会議講演集、p657~658 (2000)
- [7] K.Matsuhashi, Y.Moriguchi, A.Terazono : Valuation Process with Public Involvement through Deliberative Workshop, Proceedings of The Forth International Conference on EcoBalance, pp.205-206 (2000)
- [8] Terazono, S.Yoshida, Y.Moriguchi, K.Matsuhashi: Evaluation of packagingsystems from environmental and other perspectives -a case study of milk containers, Proceedings of The Forth International Conference on EcoBalance, pp.207-208 (2000)
- [9] 7th ERCPにおいて報告
http://www.lu.se/IIIEE/ercp/workshops/docs/33_japan_europe_ercp_2001_final.pdf
- [10] Itaru YASUI, Environmental Awareness of Japan Industries – Some Examples in IT Related Issues, W33, 7th ERCP, Lund, Sweden, 2001
- [11] Ken Morishita, Environmental Reporting and Products, Methods for the Analysis of Public View on the Environment, W33, 7th ERCP, Lund, Sweden, 2001
- [12] Terazono, K.Matsuhashi, Y.Moriguchi, S.Yoshida: Identification and weighting processes of environmental problems for participatory decision-making ----framework and case, Proceedings of 11th Annual Meeting of SETAC Europe, p258 (2001)
- [13] Koji Tagusari, et al, "Classification of Eco-efficient Services in Japan", 2nd International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 2001, pp. s119-s123
- [14] Kiyoshi Chiku,Itaru Yasui,Hroyasu Sakamura,Susumu Komatani Comparison among packaging materials by LCA method(revised edition) Proc.5th Int.Conf. On Ecobalance, Tsukuba, S1-60, 2000.11 2002
- [15] 中澤克仁 (科学技術振興事業団) 片山恵一 (東海大学工学研究科) 川崎元雄 (キリンビール株式会社) 坂村 博康・安井 至 (東京大学生産技術研究所) 「Life Cycle Inventory Analysis of Aluminum Can for Low-malt Liquor」 第5回エコバランス国際会議平成14年11

月6、7、8日

- [16] Makoto Funakoshi, Kan-ichiro Matsumura, Itaru Yasui, Analysis of the Change in the Citizens' Consciousness towards Environment by Multi Agent Model, The Fifth Int. Conf. on EcoBalance. Tsukuba. Japan. 2002
- [17] A. Terazono, A. Hibiki, Y. Moriguchi, Environmental and Economic Assessment on the Recycling of Packaging Materials – A Case Study Plastics –, The Fifth Int. Conf. on EcoBalance. Tsukuba. Japan. 2002
- [18] Y. Hatoyama, H. Sakamura, I. Yasui and H. Miyazaki, Study on Energy Balance for Si₃N₄ Production, Proc. 5th Int. Conf. On Ecobalance, Tsukuba, S6-26, 2000.11
- [19] Y. Hatoyama, H. Sakamura, I. Yasui and H. Miyazaki, Y. Hatoyama, H. Sakamura, I. Yasui and H. Miyazaki Proc. 5th Int. Conf. On Ecobalance, Tsukuba, S6-27, 2002.11
- [20] Minako Hara, Chisumi Eto, Rio Nakagawa and Itaru Yasui “Analysis method of toxic risk from lead solder in electrical appliances” The 5th Int. Conf. On Ecobalance, Tsukuba, S1-105, 2002.11
- [21] Masahide Kokubun, Itaru Yasui, “The assessment of the environmental burden for chlorine using system dynamics technique”, Proc. 5th Int. Conf. On Ecobalance, Tsukuba, B1-03, 2002.11
- [22] Itaru YASUI, Environmental Risks in Japan and a Trial to Improve Public Acceptance Int. Conference of Risk Management for Preventive Medicine, March 2003
- [23] Itaru YASUI, Research of the CREST toward Sustainable Consumption 1st Int. Workshop on Sustainable Consumption, March 2003
- [24] Makoto Funakoshi, K. Matsumura, Itaru YASUI Analysis of the Change in the Citizens' Consciousness towards Environment by Multi-Agent Model 1st Int. Workshop on Sustainable Consumption March 2003
- [25] Itaru YASUI, Green and Sustainable Indices for the Evaluation Process of GSC Awards in Japan 1st Int. Conference on Green & Sustainable Chemistry, March 2003
- [26] Minako Hara, Katsuhito Nakazawa, Tomonori Honda, Ryoichi Yamamoto and Itaru Yasui "Mercury emissions and energy consumption in used fluorescent tube treatment" The 8th IUMRS International Conference on Advanced Materials, 2003
- [27] Itaru YASUI, Metrics for Green & Sustainable Chemistry - Report from Panel Discussion in the First International Conference on Green & Sustainable Chemistry held in Japan RSC 2003
- [28] 原美永子, 中澤克仁, 安井至, 第4回 グリーン・サステイナブルケミストリー シンポジウム「使用済み水銀蛍光灯処理による環境影響」, April 2004
- [29] Katsuichiro NAKAZAWA, Itaru YASUI et al., ‘Life Cycle Assessment of Papers used for Environmental Reports’, The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004
- [30] Katsuichiro NAKAZAWA, Itaru YASUI et al., ‘Life Cycle Impact Assessment of Printing Paper using Non-wood Pulp and De-inked Pulp’, The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004
- [31] Katsuichiro NAKAZAWA, Itaru YASUI et al., ‘Life Cycle Inventory Analysis of Returnable Cup System in the Stadium’, The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004
- [32] Katsuichiro NAKAZAWA, Itaru YASUI et al., ‘Life Cycle Inventory Analysis of Polyvinyl Chloride Products’, The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004
- [33] Katsuichiro NAKAZAWA, Itaru YASUI et al., ‘Inventory Analysis of BTX Recovery System for Waste Plastics’, The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004
- [34] Keiichi SUZUKI, Toshiro FUTAGAMI, Sho OGURA, Minako HARA, Takashi OHKAWA and Itaru YASUI, “Change in environmental consciousness and behavior led by information”,

The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004

- [35] Minako Hara, Tomonori Honda, Hong Xuan Nguyen, Katsuhito Nakazawa, Ryoichi Yamamoto and Itaru Yasui "Environmental impact analysis by scenarios: a case study of used fluorescent tube treatment", The 6th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, October 2004

(国内学会発表)

- [1] 鳩山宣伸、坂村博康、安井 至、日本とヨーロッパのポリマー製造に関する比較研究、日本化学会第79春季年会2001年講演予稿集、p832 (2001)
- [2] 二宮和之、伊藤健司、鳩山宣伸、原美永子、坂村博康、安井 至、「行動選択に対するコンピュータを用いた環境情報の影響評価」、社団法人環境科学会2000年会一般講演シンポジウム、76 (2000)
- [3] 伊藤健司、二宮和之、森下研、坂村博康、安井 至、「社会的受容性獲得のための情報伝達技術の開発」、社団法人環境科学会2000年回一般講演シンポジウム、76(2000)
- [4] 中澤克仁、片山恵一、坂村博康、安井 至、LCA手法による飲料容器の環境負荷分析、環境科学会2000年会要旨集、p66~67 (2000)
- [5] 宇都野 太、清水 俊明、吉松 邦彦、高橋 司、坂村 博康、安井 至、プラスチック焼却における排出ガスの酸素濃度依存性、第8回エコテクノロジーに関するアジア国際シンポジウム-富山、P-48、2001.11 D
- [6] 安井 至、グリーン評価法、グリーンサステイナブルケミストリー第2回シンポジウム予稿、p35 2001 E
- [7] 伊藤 健司、中澤 克仁、坂村 博康、安井 至、各種飲料容器に関するライフサイクル影響評価の試み、社団法人環境科学会2000年会一般講演シンポジウム、64、2001 E
- [8] 伊藤 健司、坂村 博康、安井 至、無洗米と普通米のLCA、社団法人環境科学会2000年会一般講演シンポジウム、16、2001 E
- [9] 松村寛一郎、玄場公規、一ノ瀬俊明、安井至:「アジア地域における環境と資源の早期警戒システムの構築」、29回環境システム研究論文発表会、環境システム研究、Vol.29, pp.75-79,2001.10 E
- [10] 松村寛一郎、伊藤 健司、二宮 和之、安井至(2001):消費行動と環境情報、ビジネスモデル学会講演要旨集、pp.38,2001.6 E
- [11] 原美永子、松村寛一郎、安井至(2001):従来はんだと無鉛はんだにおける環境インパクト分析、第2回グリーン・サステイナブルケミストリーシンポジウム2001講演要旨集、pp.130,2001.11 E
- [12] 原 美永子、松村 寛一郎、安井 至:鉛はんだと鉛フリーはんだの環境影響比較、環境科学会2001年会講演要旨集、pp.12-13,2001.10 E
- [13] 古紙パルプ及び非木材パルプを配合した上質紙のLCA的評価、中澤克仁、片山恵一、桂徹、坂村博康、安井至、環境科学会2001年年会、pp14-15、2001.10 E
- [14] ライフサイクルにおける各種飲料容器の環境負荷評価、知久清、中澤克仁、坂村博康、安井至他、環境科学会2001年年会、pp62-63、2001.10 E
- [15] 各種飲料容器に関するライフサイクル影響評価の試み、伊藤健司、中澤克仁、坂村博康、安井至、環境科学会2001年年会、pp64-65、2001.10 E
- [16] 中澤克仁、坂村博康、安井至他、容器間比較に関するインパクト評価 (ライフサイクル影響評価) の試み、LCA手法による容器間比較報告書 (改訂版)、容器間比較研究会、57~69、2001.8 F
- [17] 中澤克仁 (科学技術振興事業団) 片山恵一 (東海大学工学研究科) 川崎源雄 (キリンビール株式会社) 坂村 博康・安井 至 (東京大学生産技術研究所) 「ビール・発泡酒用アルミ缶のライフサイクルインベントリー分析」第11回日本包装学会年次大会 平成14年6月20、21日

- [18] 坂村博康（東京大学生産技術研究所）、中澤克仁（科学技術振興事業団）、知久清・大川隆司（東洋ガラス）、田中浩二（エコマネジメント研究所）、安井至（東京大学生産技術研究所）、「ガラスびんのカレット率による環境負荷の分析」、第11回日本包装学会年次大会 平成14年6月20、21日
- [19] 中澤克仁（科学技術振興事業団）片山恵一（東海大学工学研究科）伊東 正皓（石川島播磨重工業株式会社）坂村博康、安井至（東京大学生産技術研究所）「廃プラスチックのBTX回収システムにおけるインベントリー分析」日本エネルギー学会80周年記念大会平成14年8月1、2日
- [20] 中澤克仁（科学技術振興事業団）片山恵一（東海大工学研究科）沼田雅史（積水化工）、西本直矢（積水インテグレートドリサーチ）坂村博康、安井至（東京大生産技術研究所）「ゼロエミッション型集合住宅におけるLCA的評価」環境科学会2002年会2002年9月19日～21日
- [21] 中澤克仁（科学技術振興事業団）片山恵一（東海大工学研究科）坂村博康、安井至（東京大学生産技術研究所）「紙燃焼灰の熔融処理における環境的評価」第13回廃棄物学会研究発表会2002年11月28日～30日
- [22] 中澤 克仁（科学技術振興事業団）、桂 徹、庭田博章（三菱製紙株式会社）、片山 恵一（東海大学）、坂村博康、安井 至（東京大学）「環境報告書用紙のLCA」平成15年度繊維学会年次大会平成15年6月12日
- [23] 中澤 克仁（科学技術振興事業団）、桂 徹（三菱製紙株式会社）、片山 恵一（東海大学）、坂村 博康、安井 至（東京大学）「上質紙のLCIA：非木材パルプと古紙パルプの比較評価」第70回紙パルプ研究発表会、平成15年6月17日
- [24] 中澤克仁（科学技術振興事業団）、片山恵一（東海大学工学研究科）、坂村博康、安井至（東京大学生産技術研究所）「イベント会場で使用されるリターナブルカップのLCI分析」第12回日本エネルギー学会年次大会（北海道大学工学部）平成15年7月31日
- [25] 中澤克仁（科学技術振興事業団）、酒井清次（信越化学工業株式会社）片山恵一（東海大学工学研究科）、安井至（東京大学生産技術研究所）「ポリ塩化ビニル製品のライフサイクル・インベントリー分析」環境科学会2003年会、平成9月11日
- [26] 原美永子（東京大学生産技術研究所）中澤克仁（科学技術振興事業団）安井至（東京大学生産技術研究所）「使用済み水銀蛍光灯による環境影響」環境科学会2003年会、平成9月11日
- [27] 鳩山宜伸、坂村博康、安井至（東京大学生産技術研究所）、松村寛一郎（関西学院大）「PVC製造におけるLCIデータに関する日欧間の比較」環境科学会2003年会、平成9月11日

(3)特許出願（国内 0 件、海外 0 件）

なし

(4)新聞報道等

なし

(5)その他特記事項

なし

7. 結び “研究代表者として5年間の研究を振り返る”

<問題意識から研究プロジェクトの提案まで>

研究開始当時から持っていた問題意識、それは、一般市民社会の環境観と価値観を変えない限り、地球の持続可能性は保てない。しかし、一般市民社会の環境観や価値観を一体どのような方法で変えることができるだろうか、といったものであった。

これまで市民の価値観などは、どのようにして形成されてきたのだろうか。子供の頃からの教育は大きな影響を与えているだろう。大人になれば、新聞、テレビなどの影響は限りなく大きいだろう。いわゆる口コミが重大な影響を与えていることは事実だろう。

我々、学界の人間にとって主な情報伝達手段である学会誌に論文を書くことは、一般社会に対してインパクトを与えるというポイントから見れば、全く有効ではない。となると書籍を書くこと、これがもともと持っている唯一の手法であろう。しかし、このところ書籍は売れなくなった。専門書は5000部も売ればまずまずという評価である。これでは、一般社会に対するインパクトは皆無に近い。

以前ならば、情報を得る手段として、新聞、雑誌、書籍、テレビ、そして講演会が主たる方法であったろう。しかし、最近では、インターネットから情報を得ようとする人々が増えてきた。主婦層でもインターネットを使う割合が増えてきた。インターネットなどを使う可能性を考え、あるいは、講演会などでの効果を考えると、どのような情報をどのように与えるか、これがもっと工学的に検討されて良いのではないか。

旨く行けば、インターネット、講演会、書籍といった我々の持っている手法で、新聞、テレビ、雑誌といった一般メディアに対抗することができるまで情報伝達のインパクトを上げることができるかもしれない。あるいは、新聞、テレビ、雑誌を味方につけて、情報伝達の総量を増やすことができるかもしれない。

幸いにして、個人的に1997年の6月から「市民のための環境学ガイド」なるホームページをもって、情報伝達活動を行っていた。1999年、CRESTにプロジェクトの提案を行ったときには、すでにある程度のアクセス数を確保できる状態になっていた。今にして思えば、一日の平均アクセス数が400件程度であり、それほどのもではないが、当時のインターネットの普及の程度を考慮すれば、まずまずのものであったろう。このインターネットのHP作成活動を基本にして、その延長線上に構築されたものが、本研究プロジェクトであったといっても過言ではない。

環境負荷を定量的に把握する方法論として、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment=LCA) があると言える。未だに完全な方法であるとは言えないものであるが、当時すでに発表していた容器関係のLCAデータは、市民団体から多くの関心を得ており、目新しい方法であり、また、定量性にある種の希望を持たせる方法でもあって、LCA情

報を中心として、市民社会への情報伝達を考慮することが重要であるように思われた。

当時、市民社会にも環境問題に関心を持つ多くの人々が生まれていた。多くの場合には、1998年の所沢ダイオキシン事件に見られるように、化学物質などによる健康問題が関心の中心であったものの、一部の人には、二酸化炭素排出による地球温暖化の問題についても重要性が理解され始めていた。それは、1997年の暮れに、京都議定書が採択されたことがあったものと思われる。

そのため、日常生活で、どちらが環境にやさしいか、という問題意識を持つ市民も多少増えてきた。様々な行為について、どちらが良いかといった疑問をいくつか聞いた。

ところが、この世には不思議な情報が存在しているのが、普通である。例えば、味噌汁1杯を魚が住めるようになるまで希釈するには、風呂5杯分の水がいる。だから、味噌汁を流しに捨ててはいけぬ。これを信じている主婦からの相談を受けた。この主婦は、川を汚さないために色々と考えてうどん汁の残りをポリ袋に入れて、生ゴミとして捨てていた。ところが、水分は焼却炉の温度を下げ、燃料状態が悪くなるという報道を読んで、分からなくなって相談をしてきた。

やはり、基本的なことが分かっていない。味噌汁を下水に流したとき、それがどのように処理され、どのような環境影響を与えるか、という問いに答えるには、その地域の下水処理の方法を知る必要がある。

同様に「合成洗剤か石鹼か」、といった古い問題が相変わらず議論されている。味噌汁であれば全く処理されないで川に流れた場合でも、実際には、細菌類の餌になるだけだろう。合成洗剤であれば、飲料水に入り込む量は少ない方が、少なくとも味の点から良さそうである。

以上のような背景を考慮し、以下のようなことが研究を進める上で必要だと判断した。

- (1) 市民の欲しがっている情報を知るために、インターネットページを立ち上げ、そこでアンケートを取ること。
- (2) できるだけ定量的に、LCA的なデータを作り、それらのデータを市民社会に伝達する基盤情報とすること。
- (3) ダイオキシンあるいは環境ホルモン問題のような、安全・安心に関わる問題が市民の環境観を支配しているように見えるため、このような問題も積極的に取り上げる

こと。

<現時点での研究進行の整理>

現段階で再度整理をすれば、研究段階を以下のように分類し、研究を進めたと言えるだろう。

I. 研究進行のための基盤データの構築

研究段階0： いわば基盤となる段階であり、できるだけ正確に環境負荷を見積もる必要がある。そのために、ライフサイクルアセスメント（LCA）を実施し、比較が可能な形で環境負荷の把握に努めた。対象としては、市民からの疑問を集め、それに対応する形とした。さらに、継続的な環境情報の提供を行った。これは、主として、研究代表者安井個人の活動として行われ、個人の見解を公表することによる不都合が生じないように、個人の費用負担によって実施した。後述のように、1年間80万件に及ぶ訪問者を得る状態にまで育てることができた。

II. 市民の反応に関する情報収集

研究段階1： 多くのアンケートから、市民が環境情報に対して、どのような選択をするか。

研究段階2： その選択は、市民の特性、男女差、職業、などに依存するか。

研究段階3： 情報を得る時間帯なども、選択に何か影響を与えるか。

まず、通常の紙を用いたアンケート調査を行い、どのような種類の情報を集めることが可能であるかについて検討を行った。研究段階としては初期段階に位置付けるものであるが、実際には、テーマを変えて、継続的に検討を行った。対象としては、環境意識が進んでいると思われる欧州と日本の学生の環境意識を調査するもの。さらには、企業の環境意識の向上に伴い、環境報告書が充実したが、それを学生がどのように読み、何を受け取るかといった調査を行った。

この研究段階1～3を実施するもっとも適した場として、ある程度関心のある一般市民も来場する展示会場を選択して、アンケートを実施することとした。ただし、通常のアンケートでは被験者の関心を引き付けることに限界があることを認識し、コンピュータを用いたアンケートを作成し、実施した。この展示会場におけるアンケートが成功を収め、以後、定番の研究手法として何回も実施している。

III. 環境情報の影響を把握する段階

研究段階4： ある種の環境情報が、個人の選択にどのように影響を与えるか。

研究段階5： その情報を、専門家が説明するような方法によって得るか、あるいは、個人同士での議論によって情報を確認するプロセスによって選択が影響を受けるか。

研究段階6： もしも集団で情報を得て、その後集団で議論をすればしたら、集合体を形成している個人の特性が何か大きな影響を与える場合があるか。

このような研究段階においては、アンケートのような方法よりも、人対人が直接関わるような形態が望まれる。そのため、この段階においては、ワークショップ形式、講義前後

のアンケートという方法が採用された。ワークショップ形式では、少ない場合で10名前後、多くても30名以下の参加を求め、様々な情報を与えながら、判断がどのように揺れ動くかなどを検討した。ワークショップの題材は、様々なものを取り上げた。牛乳容器の材質選定に関わるワークショップ、プラスチックの燃焼とリスクに関するワークショップ、環境問題の重み付けに関するワークショップ、飲料容器に関する究極の解決法であるリターナブル瓶に関するワークショップなどである。

講義形式による環境観や問題意識の変化については、講義の開始前と開始後に同じ形式のアンケートを行い、その結果を比較することによって、どのような情報がどのような効果を与えるか、その推定を行う目的で実施された。講義については、府中市の協力を得て、土曜日、1回2時間×6回の市民講座の場を使用した。単一の講演会については、石川県の市民講座や東京大学の学生を対象としたものを活用した。

研究段階7： 不特定多数を対象とする情報の提供と反応を調査する試み

その他、不特定多数の意見や見解、さらには環境について何が分かりにくいかといった疑問点を収集する目的で、インターネットの活用を行った。本研究のために専用のインターネットサイトを立ち上げ、こちらでは、どちらが環境負荷が大きいかといった疑問に答えることを主たる目的とし、ライフサイクルアセスメントを実施して、その結果を公表するといったサイトの運営を行った。

研究段階8： 実施者の年齢や知識に応じた教育ソフトの試作による効果の検証。

ここでは、中小学校の生徒にも分かるような、年齢別の教育ソフトウェアを試作し、これは、北九州市の協力により、北九州リサイクルセンターの展示物として訪問者に取り扱ってもらい、その反応をデータとして採った。これとはやや異なるものをインターネット上でも公開し、その一般市民の反応を調べた。

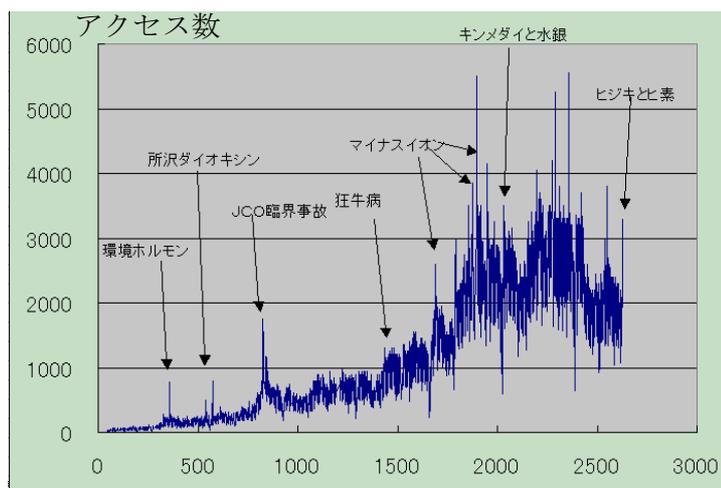
<研究成果の一側面>

(1) 継続的な環境情報の収集と市民社会への継続的な提供活動

本研究がスタートしたときには、すでにこのようなWebページが安井個人によって運用されていた。開始時のアクセス（訪問者）総数は13万余、その後、4年10ヶ月で総数は273万に到達した。一日あたりのアクセス数も、当初の100件程度から、週日は3000件に到達した。ただし、このところ、一般社会の関心を呼ぶような事件的な環境問題、例えば、ダイオキシン問題、環境ホルモン問題などが無いので、このところ2000件台に落ちている。

図1に、このWebページのアクセス数の推移を示す。

当初、アクセス数が少なかったが、環境ホルモン、所沢ダイオキシン騒ぎによって、アクセス数が増え、JCOの臨界事故を契機として、アクセス数が着実に増加した。その後、決定的にアクセス数が増加したのが、環境問題とはいえないマイナスイオン騒ぎであった。



いずれにしても、このWebページが本研究の基盤を形成したことに間違いは無い。

通算日数

(2) LCAデータの作成とその公表

一般市民からの要求に応じる形で、各種のLCAを実施し発表した。紙関係のLCAのように、企業の協力を得て実施した新規性のあるLCA解析結果については、学会誌に報告したが、それ以外のLCA解析については、新規性に乏しいこと、かなり推測を含んでいることなどの状況にあつて、Webに結果を掲載することに留めている。そのような解析例は、無洗米、食器洗い機、紙おむつなどである。これらの製品などのLCAでは、当研究室が開発した、時間消費法を使った統合化指標を採用した。

(3) 講演の効果 アンケートによる解析

使用したアンケートは簡単なものである。「環境問題で重要と思われるものを重要度の高いものから順番に8位まで記述してください」。開始前に最初のアンケート用紙を配布し、最初の回答を記入して貰ってすぐ回収する。後で再度同じアンケートが行われることは、この段階では明らかにしない。講義終了後、再度アンケート用紙を配布し、同じ質問事項で回答を貰う。そして、開始時の回答と比較しながら解析を行う。

解析も簡単なものである。省エネルギー、再生可能エネルギー、化石燃料枯渇などのキーワードがあるものがエネルギー問題、省資源、資源枯渇などのキーワードがあるものが資源問題、といった判定基準を決め、講義の前と後でランキングが変わっているかどうか、終了後にのみ指摘されているか、といった判断基準で効果を判定するものである。

2003年2月に石川県金沢市で行った結果を示す。

表1： 講義の前後で理解がどの程度進むか。

参加者数56名。最後のアンケート回答者49名。
エネルギー問題、資源問題を環境問題であると認識しなかった受講者数：23名。
エネルギー問題・資源問題を環境問題だとはじめから考えている受講者数：6名。
内訳：講義の前後でランキングが変わらない受講者数：2名。
講義の前後でランキングが上がった受講者数：4名。
講義の前後でランキングが下がった受講者数：0名。
講義によってエネルギー問題、資源問題を新規指摘した受講者数：20名。

どのような情報を与えることによって、受講者のエネルギー問題、資源問題に対するランキングが上昇するか、その実証的な検討はきわめて難しいために、行っていない。講演中の受講者の反応からの判断が唯一の根拠である。

最低限言えることは、エネルギー問題、資源問題のような未来世代に関わる問題は、自らの健康が十分に守られているとの認識がもてない状況であると、考慮の外にあることである。現在の日本の環境の状況は、こと健康被害に関する限り、世界でも最善の状況にあるが、そのことを認識してもらうことが、未来に思いを馳せるための最低の条件である。

しかし、これがかなり困難である。講演会に参加してくれる市民は、環境保全活動などを行っている人も多く、ダイオキシン問題や環境ホルモン問題に対して危機感を持っている場合も多く、そのような場合には、意識改革が必要のようである。

<結論 しかし問題は残る>

今回の様々な試みから分かったことは、一般市民社会への情報伝達とその情報の社会への定着というものが極めて難しいということであった。

我々がいくら努力をしても、一つのテレビの番組が、その努力を簡単に吹き飛ばしてしまうということが、かなりの頻度で起きた。直接的な環境問題とは言えないが、マイナスイオンといった健康関係の誤謬情報がテレビで一旦流されると、いくら新聞で報道されても、いくらインターネットで正しい情報を流しても、市民の持っている情報を訂正することは、ほとんど不可能である。

マイナスイオンのような科学的な誤謬を誤りであると認識するだけの科学的素養を身につけることは、現在の中高教育だけでは不可能である。さらに、文科系の大学における理科教育が全く行われていないことが、報道に携わる人々のサイエンスリテラシーの低さの大きな原因になっているものと考えられるので、この点を根本的に改善することが必要不可欠である。

話を環境問題に戻してみても、やはり、小・中・高の学校教育の重要性が、まず指摘す

べき事項のように思える。そのための教材に含まれるべき情報をいくつか集め、教育用ソフトやプレゼンテーションを作成してみた。これから、このような資料を今後どのように活用するか、大きな問題が残された。

ワークショップなどでの一般市民への環境情報の提供については、理解するというレベルと、その理解に基づいて行動するというレベルが、一般人の場合には大きく乖離していることが、最大の問題であることに気づかされた。しかし、最低限、環境情報が提供されていない限り、市民としては、環境調和型の行動を取るための必要条件を満たしていない。

救いと言えるかどうか、われわれが用意した資料を用いて、3時間程度の時間を掛けることによって、少なくとも若干でも環境に関心のある人々は、かなり正しい理解ができるような段階に到達することができた。今後、行政などの環境啓蒙活動のために有効な一つのデータベースのようなものができたか、と考えている。

もう一つの限界が、無関心層に対してどのように働きかけるか、ということである。インターネットを見てくれる人は、もともと関心のある人々である。講演会に来てくれる人は、かなり関心の高い人々である。どうやら我々は、関心のある層にどのように働きかけるか、という研究をしてきたに過ぎないようである。無関心層は、いつまでたっても無関心層なのか。このところ、どうやらこれは諦めないといけないのだろう、と思い始めたところである。これは、やはり強権をもつ国あるいは自治体の役割であり、一個人あるいは一団体の責任では無いのではないのか。無関心層に対してある行動を強制することは、法律や条例を制定することによってしかできないのではないだろうか。むしろ、一個人あるいは一団体としてなすべきことは、国あるいは自治体に対して、適切な法律あるいは条例の制定に向けて働きかけることまでではないだろうか。

振り返って現在の日本政府の状況を見れば、2004年10月現在、温暖化対策税などの環境税に反対する省庁が大部分である。最小限、地球の限界を認識することが、すべての指導者にとって基本的な条件ではないか、と思う次第である。大統領選挙を控えた米国の状況は、どうやらさらに悪いようである。

謝辞

幸いにも、これまで様々な活動を行ってきたことが社会的にもある程度認知され、安井CRESTチームは、環境負荷低減を考える人々の間である種の定番的な存在になった。また、最近、同様の社会的なスタンスを含めた環境研究が行われるようになったが、方法論という点では、先駆的な存在で有り続けることができた。このようなある意味で訳の分からない研究チームに活動の場を与えていただいたCREST研究の関係各位の感謝を申し上げます。



研究メンバー