

DtT 法によるペットボトルの環境影響評価

矢作 貴子^{*,**}, 伊藤 朋恭^{*}

要 約

ペットボトルのライフサイクルにおける環境影響評価を、インパクト評価法を用いて行った。この方法の特徴は、地球温暖化やエネルギー消費など異質の環境影響項目（インパクトカテゴリー）を統合して総合的に環境影響を評価できることにある。統合化の方法としてはDtT法（Distance to Target）を用い、ペットボトルは1回のみリサイクルが可能で、計2回使用されるとして、その平均統合化指標の大小で評価した。

1990年度から2004年度までの15年間で、ペットボトルの環境影響は3.74倍に増加しているが、その主因はボトル生産量の増加（5倍）にある。リサイクルによるボトル回収率の高まりにより、環境影響の増加率は生産量の増加率を下回っているが、15年間の平均では、人間活動に起因する全国の環境影響中に占めるペットボトルの割合は0.082%である。ペットボトル内でのインパクトカテゴリー別の内訳では、酸性化が最大の22.4%、次いでエネルギー消費19.1%であり、最小が廃棄場7.3%である。現在の再生樹脂化技術では仮に100%の回収を行っても、全く回収しない場合の36%しか環境影響を削減できないので、ボトル to ボトルなどの新しい再生樹脂化技術の本格的普及が待たれる。

1. はじめに

人間活動により資源の枯渇や有害物質の排出など多種多様な環境問題が発生しており、今後の環境問題の解決策を考えるためにはこれらの環境影響評価を統合的に行うことが重要である。例えばある商品がその製造から廃棄までのライフサイクルにおいて与える環境影響は、地球温暖化、大気汚染、資源枯渇、水質汚濁など多数のインパクトカテゴリー（環境影響項目）に及ぶ。しかし、こ

れまでのライフサイクルアセスメント（LCA）では、単に個々の物質の入出量（排出量など）の評価を中心とするインベントリー分析に留まっていることが多かった¹⁻⁵⁾。このインベントリー分析のみでは環境影響の評価としては不十分であり、異質のインパクトカテゴリーをすべて統合して環境に与える影響を総合的に評価することが望ましい。このような統合的な評価法は環境影響評価（LCIA=Life cycle impact assessment）と総称され、最近いくつかの手法が開発され応用され

*大妻女子大学社会情報学部

**現在：ビズネット株式会社

ている²⁻³⁾。今後進むであろう循環型社会に対しても、そのリサイクルによる効果を定量的に評価するためには環境影響評価は不可欠である^{1,8-11)}。

本論文では、これまでに提案されている LCIA 手法の一つである DtT 法 (Distance-to-Target)¹²⁻¹⁴⁾ を、現在日常的に使われているペットボトルの評価に適用するために部分的に改良した上で、1990年度から2004年度までの15年間にペットボトルがわが国の環境にどの程度の影響を与えたかを定量的に評価した。これによりペットボトルのリサイクルが環境影響評価に与える効果を把握すると共に、今後の環境問題を考える上での問題点を検討する。

2. ペットボトルのライフサイクル

2.1 ペットボトルの評価範囲

高分子素材であるポリエチレンテレフタレート (PET) からは、ペットボトル以外にポリエステル繊維やフィルムなど多種類の製品が製造されている^{15,16)}。このうちペットボトルについては、清涼飲料等に用いられ使用後水洗浄によるリサイ

クルが可能な「指定 PET ボトル」と、調味料・化粧品等に用いられリサイクル対象外の「その他のプラスチック製包装容器」に大別されており、前者がボトル生産量全体の9割以上の比率を占めている¹⁷⁾。本研究では、ペットボトルのリサイクル効果も評価対象としているので、指定 PET ボトル (以下単にペットボトルと記載) のみを扱う。なお、ペットボトルには各種容量の製品があるが、ここではもっとも流通量の多い500mL 容器 (本体重量: 31.87g) に統一して全体を評価することにし、容器の中身、付属品 (ラベルやキャップ)、保存時間等については考慮しない。

ペットボトルのライフサイクルは、ボトル用の資源採取から中身の充填・流通にいたる製造過程と、再生過程、および廃棄過程に大別される。現時点でのペットボトルのリサイクル技術では、樹脂の劣化が原因で事実上1回のリサイクル (再生樹脂化) が限界とされている。したがって、新規に資源 (原油) を採取して製造される一次製品と、そのリサイクルにより再生樹脂化して製造される2回目の製品 (二次製品) を対象として LCIA を行い、両者の平均をもってペットボトル

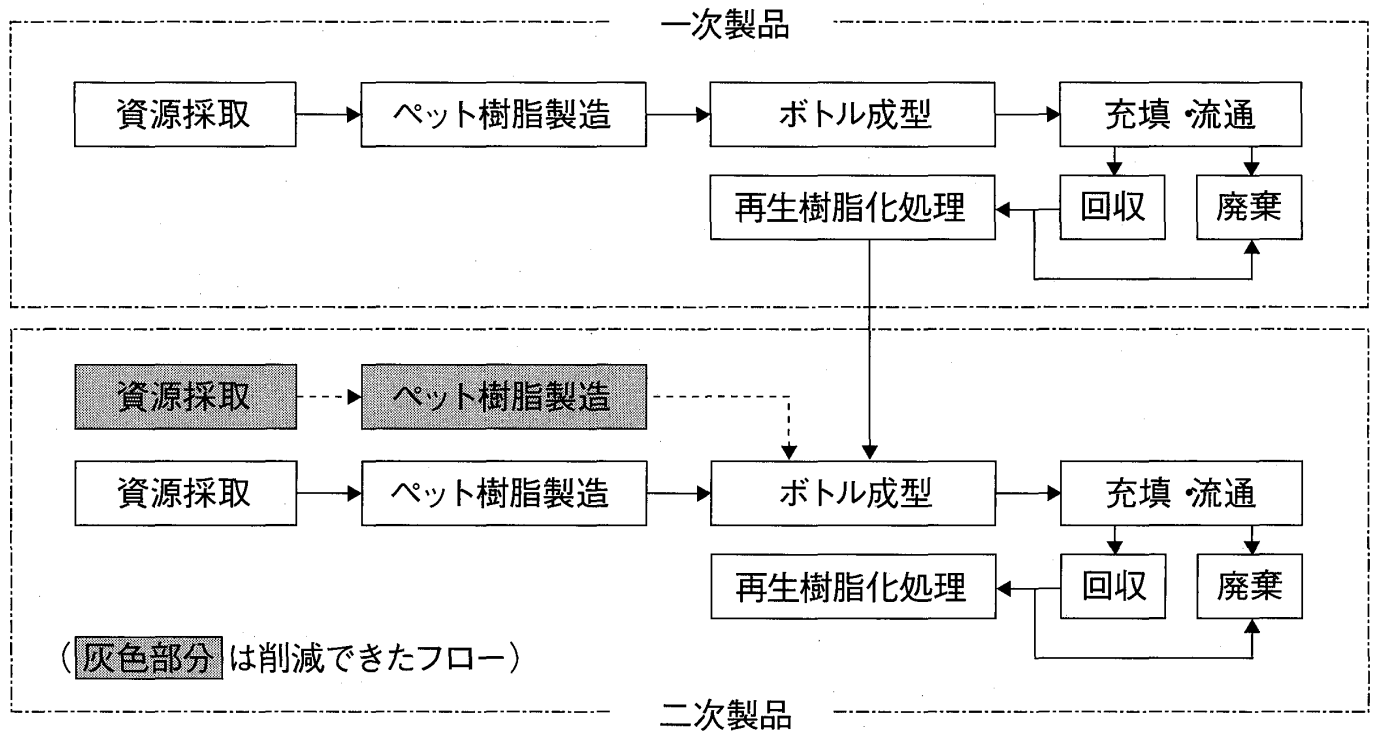
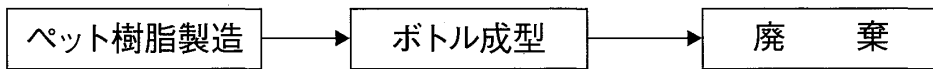
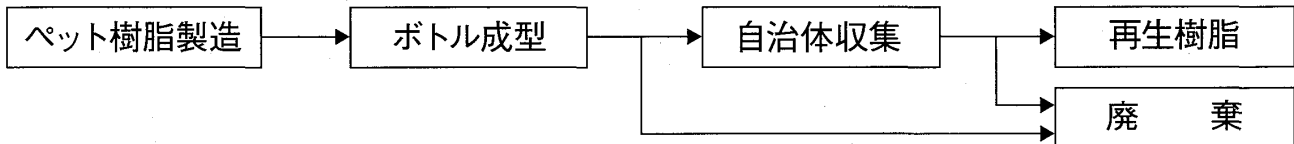


図1 ペットボトルのシステム境界

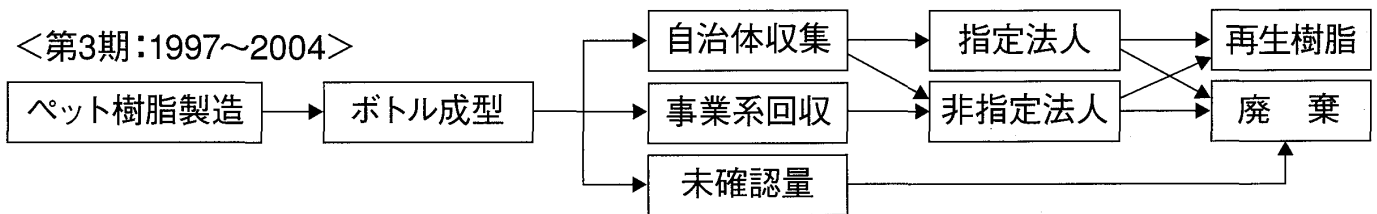
<第1期:1990~1992>



<第2期:1993~1996>



<第3期:1997~2004>



注:「廃棄」には、「焼却埋立(発電あり)」「焼却埋立(発電なし)」「減容埋立」「直接埋立」「散乱」の5種類がある。

図2 ペットボトルの流通フロー

全体の LCIA とする。これら一次製品と二次製品のシステム境界を図1に示す。実際にはこの図に示すように、一次製品の LCIA 評価の範囲には、一次製品使用後の再生樹脂化と廃棄の各工程までを含めている。また二次製品については、一次製品からの再生樹脂以外に、新規資源からもペット樹脂を追加製造し、一次製品と同じ重量のペットボトルを製造した場合について評価を行っている。この扱いでは、二次製品では一次製品に比べて同図の灰色部分のペット樹脂製造が不要になる。なおこの図には明示していないが、二次製品の評価には、廃棄時に発電設備の備わった焼却炉で発生する電力についても回収電力として評価に含めている。

2.2 ペットボトルの流通フロー

ペットボトルの流通フローに関しては、今回の評価対象期間である1990年度から2004年度の間を3つに区分して扱うのが好都合である^{13,16-20)}。図2に示す1992年度までの第1期の期間は、ペットボトルは事実上回収されることがなくすべてごみとして廃棄された。1993年度になって日本初のペットボトル再生工場(ウイズペットボトルリサ

イクル社)が初稼動し自治体による収集がスタートしたが、回収率は低かった(第2期)。その後1997年度になって容器包装リサイクル法^{9,18)}が本格的に施行されたことに伴い、回収と再生樹脂化の流れが急速に向上した。これが第3期であるが、実際の流れはかなり複雑で、回収は自治体による分別収集(家庭など)と事業系による回収(コンビニエンスストア・オフィスビル・自動販売機など)に分かれており、回収後の扱いも指定法人(日本容器包装リサイクル協会)を経由しての再生樹脂化とそれ以外のルートによる再生樹脂化がある¹⁶⁾。回収されても異物の存在や再生化過程におけるロスにより一部は廃棄物として処理される。また、生産量と回収量(自治体分+事業系)の差は未確認量と呼ばれているが¹⁶⁻¹⁸⁾、基本的には埋立・焼却等の廃棄にまわされているとみられるので、本研究でも廃棄量として扱う。

なお最近の調査によると、未確認量の一部や非指定法人経由で再生化された樹脂の一部はプラスチックくずとして輸出されていると言われている¹⁶⁾。しかし一方ではわが国自身も同程度のペット樹脂を輸入しているため、本研究では輸出入に関しては特別の配慮をしなかった。

2. 3 ペットボトルの生産量・再生量・廃棄量

上記の方法により、PET ボトルリサイクル推進協議会ほかの統計資料¹⁶⁻¹⁸⁾をもとにまとめた、わが国のペットボトルの年間生産量等に関するグラフを図3に、代表的年度の数値を表1に示す。回収量に対する再生樹脂化の割合（再生樹脂化率）は各年度ともに指定法人扱いの数値であるが、非指定法人経由の再生樹脂化もこの割合で行われていると見なした。また1996年度以前については再生樹脂化率が不明なので、1997年度の数値（59.9%）をそのまま用いた。

生産量に関しては、1990年度に比べて2004年度は5倍に伸びているものの、1997年度以降は容器包装リサイクル法の施行に伴い^{9,18)}、回収率が増加し廃棄量は事実上増加していないことがわかる。

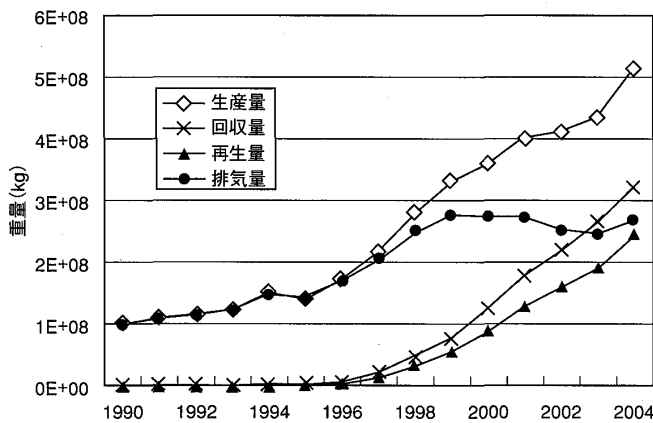


図3 ペットボトル生産量等の年次変化

表1 ペットボトル生産量等の推移 (代表的年度のみ)

年 度		1990	1997	2004
生産	生産量 (kg)	1.005E+08	2.188E+08	5.137E+08
回収	自治体分別収集量 (kg)	0	2.138E+07	2.385E+08
	事業系回収量 (kg)	0	0	8.142E+07
	合計回収量 (kg)	0	2.138E+07	3.199E+08
	回収率 (%)	0	9.7	62.3
再生	合計再生樹脂化量 (kg)	0	1.281E+07	2.464E+08
	再生樹脂化率 (%)	0	59.9	77.0
廃棄	回収後廃棄量 (kg)	0	8.568E+06	7.346E+07
	未確認量 (kg)	1.005E+08	1.974E+08	1.938E+08
	合計廃棄量 (kg)	1.005E+08	2.060E+08	2.673E+08

3. LCIA について

3. 1 LCIA の手順

国際規格 (ISO) の LCA では、インベントリー分析の結果をもとにして LCIA により環境影響評価を統合的に定量化するよう規定されており、LCIA は具体的には「分類化」、「特定化」、「規格化」、「統合化」の4つの手順から構成される^{2,4-7)}。

第1段階の「分類化」は、インベントリー分析により認定された環境負荷物質を、その物質が影響を引き起こすインパクトカテゴリーに振り分ける作業である。環境負荷物質とは、当該製品のライフサイクルにおいて排出される個々の有害物質や資源として用いられる物質等であり、その排出量（または消費量）を環境負荷量と呼んでいる。またインパクトカテゴリーは、地球温暖化、オゾン層破壊、富栄養化など個々の環境問題の項目を指す。

第2段階の「特定化」は、個々の環境負荷物質が指定されたインパクトカテゴリー内で果たす寄与を定量化する作業である。例えば環境負荷物質としての CO₂ と CH₄ はともに地球温暖化に関係するので、地球温暖化指数 (GWP) を用いて、CH₄ の排出量を CO₂ 換算重量に変換することにより、インパクトカテゴリー内での影響を相対的に定量化する。なお、GWP のように特定化するために用いられる換算係数を特定化係数と呼ぶ。

第3段階の「規格化」は、個々のインパクトカテゴリに関して、人間活動に基づくすべての環境影響中に占める当該商品の影響度（排出量）を求める作業であり、例えばインパクトカテゴリ「地球温暖化」において、当該商品のライフサイクルにおけるCO₂排出量が日本全体のCO₂排出量に占める比率を算出することである。この場合、日本全体の排出量のように規格化するために用いられる母数を規格値と呼ぶ。

最終の第4段階が「統合化」であり、異なるインパクトカテゴリの重要性を相対的に評価し、その重要度に応じた「重み付け係数」を用いて、個々のインパクトカテゴリの環境影響を同一の尺度で指標化する作業である。この個別インパクトカテゴリの指標をすべて加算することにより、その製品のライフサイクルにおけるLCIAを最終的に1つの指標として表すことが可能となる。この最終的な指標が統合化指標であり、本論文では環境影響評価をこの統合化指標を用いて行う。なお、各インパクトカテゴリに関する統合化指標は個別統合化指標と呼ぶことにする。

3.2 統合化の手法

LCIAによる影響評価では、第4段階の統合化が一つのポイントであり、これにより異質のインパクトカテゴリを同一基準で互いに比較可能にするので、重み付けをどのような考え方で設定するかにより統合化にはいろいろな手法が存在し得る。表2にこれまでに提案された代表的な考え方を整理して示す^{2,4-7,12)}。例えば②は、あらゆるインパクトカテゴリを金額に関連付ける手法であり、経済のメカニズムが重み付けの基準となり、

例えば生態系の保護ではその保全にかかる実際の価格等のコストにより重み付け係数を決定する。

③は一般的にDtT法と呼ばれており、インパクトカテゴリごとに目標値を設定し、現状値と目標値の乖離の程度に基づいて重み付け係数を決定する。例えば大気汚染の場合に、国が定める環境基準値を目標値とし、実測の大気中濃度を現状値とするなどである。なおエネルギー消費などのインパクトカテゴリでは、重み付け係数の算出に用いられる現状値と規格化のための規格値には、同じ値が用いられることがある。

3.3 LCIAの数式表現

本研究ではペットボトルを評価対象としており、その製造・再生（リサイクル）・廃棄過程における環境負荷物質の排出量（または消費量）がLCIAの評価に大きく影響する。このような場合には、統合化の手法として環境負荷物質の排出量・消費量を多分に自然科学的根拠に基づいて評価できるDtT法が最適と考えられる¹³⁾。この方法では恣意的な重み付けを避けることができ、目標値に国が取り決めた環境基準値等を用いることにより透明性を保つこともできる¹⁴⁾。もちろん自然科学的判断以外に、政治的あるいは倫理的価値による判断も加味されることになる。

もともとDtT法はヨーロッパ向けの環境影響評価用に開発されたのであるが²¹⁾、松野らはこの手法を日本向けに改良した¹⁴⁾。本論文で用いる統合化手法は、この松野式DtT法（以下単にDtT法と記す）を基本としているが、ここでは本論文の主旨により合致するよう若干の修正を施した以下の数式によりLCIAを求めた。

表2 代表的な環境影響統合化手法

統合化の手法	代表的な方法
①エネルギー等の総消費量で評価	MIPS法
②環境影響を金額に換算して評価	EPS法
③国等が定めた目標値に対する現状値で評価	DtT法 (Eco-indicator95)
④専門家等のパネリストにより評価	Eco-indicator99法
⑤危機が到来するまでの消費時間で評価	時間消費法

先ず最終的に必要な統合化指標 I は(1)式で表現される。その際、個別統合化指標 I_i (i はインパクトカテゴリーの識別番号) を単純に加算しただけではインパクトカテゴリーの個数によって I の値が変化するので、本論文ではインパクトカテゴリーの個数 M で割った値として I を定義している。

$$I = \left(\sum_{i=1}^M I_i \right) / M \quad (1)$$

個別統合化指標 I_i は(2)式で表現される。 E_i は当該製品の環境負荷量、 N_i はその規格値であり、したがって (E_i/N_i) は規格化された環境負荷量である。規格値としては、インパクトカテゴリー i に関する人間活動に基づく日本全体の年間排出量などを用いる。 F_i は重みづけ係数である。

$$I_i = (E_i/N_i) \times F_i \quad (2)$$

なお、一般的には i に関与する環境負荷物質は複数個存在するので、環境負荷量の算出には特定化の処理をしてすべての環境負荷物質の値を加算する必要がある。 E_i は(3)式のようになる。 j は環境負荷物質の識別番号、 $E_{i,j}$ は j の環境負荷量(特定化済み)、 $E_{0(i,j)}$ は j の環境負荷量(特定化前)、 $Q_{i,j}$ は j の特定化係数である。 N_i についても当然特定化処理をした値を用いる必要がある。

$$E_i = \sum_j E_{i,j} = \sum_j (E_{0(i,j)} \times Q_{i,j}) \quad (3)$$

また F_i は(4)式で与えられるが、 C_i は i に係わる日本全体の環境濃度あるいは消費量(現状値)、 $C_{0(i)}$ は国等が定める i に関する目標値(環境基準値)である。 F_i の値が1未満になる場合は、現状値の方が目標値より優れており現状維持が望ましいので $F_i = 1$ とおく。

$$F_i = C_i / C_{0(i)} \quad (4)$$

(2)式中の (E_i/N_i) の最小値は0、最大値は1である。当該製品がインパクトカテゴリー i に関して全く影響を与えない場合が0、100%の寄与度を有する(他の人間活動からの寄与がない)場合が1となる。したがって、個別統合化指標の最大値は重みづけ係数 F_i の値に等しくなり、この F_i

の値がペットボトル以外を含めた日本全体における環境影響の大きさを示す。同じことは全体の統合化指標 I についても当てはまる。

なお、インパクトカテゴリーには地球温暖化など地球規模の視点で扱うものと、富栄養化など局部的規模で扱うものがあり、数式表現にも違いがある^{14,22)}。今回扱うペットボトルに関してはいずれも地球規模インパクトカテゴリーを対象としており、上記の各数式は地球規模用の表現式である。

4. インベントリー分析

4.1 インベントリー分析の手順

ペットボトルのライフサイクルが、製造過程(充填・流通を含む)、再生過程、廃棄過程に大別できる^{1,23)}ことはすでに述べた。製造過程では、資源(原油)採取に始まり、石油精製とナフサ分解を経て、テレフタル酸とエチレングリコールを製造し、この両者を原料としてペット樹脂を製造した後ボトル成型を経て、充填、流通の経路をたどって消費者の手元に届く。再生過程では、容器回収後、減容し精製・分離処理を行ってから再生樹脂化する。廃棄過程では、ペットボトルも他の一般廃棄物に混ざって同じように処理されると考えられるので、全国で行われている廃棄処理の態様に基づき、焼却埋立(焼却には余熱により発電を行うケースと行わないケース)と埋立(減容しての埋立と無処理の直接埋立)の4つに区分できる。ただし散乱したペットボトルの廃棄もあるので、廃棄処理としては散乱も含めた5種類を考える必要がある^{9,23-25)}。

LCIAを行うには先ずインベントリー分析が必要であるが、上記の各工程には輸送過程が付随するので、インベントリー分析に当っては輸送に伴う環境負荷量の算出も必要である。この輸送過程を含めて、ペットボトルのライフサイクルにおいては、資源としての原油、エネルギー源としてのC重油、軽油、都市ガス、および電力が消費される。これに伴いCO₂、NO_x、SO_x、および廃棄物(固体)が排出され、一方発電を伴う焼却処理

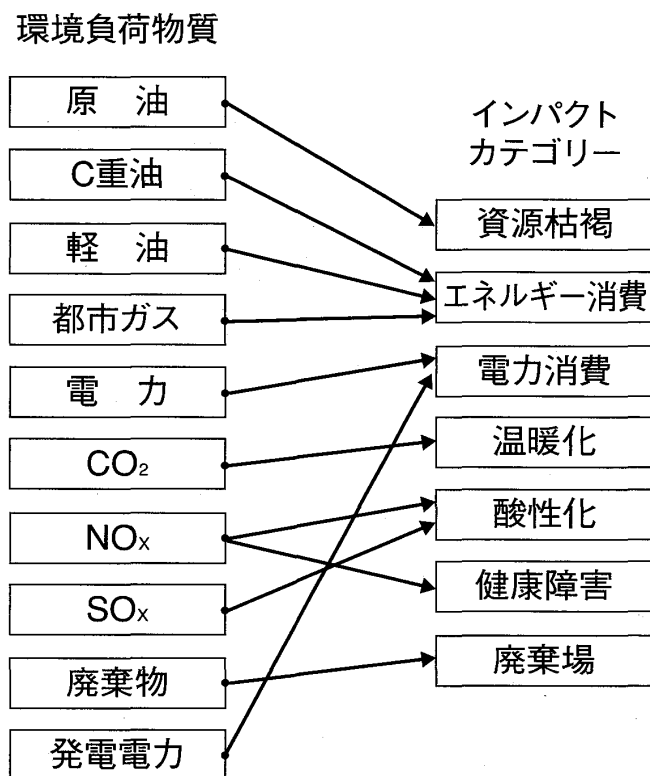


図4 環境負荷物質とインパクトカテゴリーの関係（分類化）

では電力が回収される。ペットボトルのライフサイクルでは、これらの環境負荷物質以外に水の消費、COD（化学的酸素要求量）や廃液の排出も知られているが^{1,23)}、これらは水圏が関与する局地性の扱いとなり複雑化するので、今回の対象からは除外した。

なお本論文で対象とする上記10種類の環境負荷物質に基づいて、採り上げるべきインパクトカテゴリーとして、資源枯渇、エネルギー消費、電力消費、（地球）温暖化、酸性化、健康障害、廃棄場（廃棄場所）の7項目を選択した。この両者を関連付ける作業が分類化であり、図4のように分類した。なおこの図では、例えばC重油はエネルギー消費のみに関連付けており、排出されるCO₂に基づく温暖化とは見かけ上無関係となっているが、CO₂などの排出物に関してはアウトプットとしての環境負荷物質として評価している（後出の表3参照）。

4.2 インベントリー分析の結果

ボトル容器に関する過去のLCA分析報告例などを参考にして^{1,23)}、単位重量（1kg）のペットボトルについて算出した工程別のインベントリー分析結果を表3に示す。この算出には非常に細かい計算作業を必要とするので、ここには結果のみを記したが、詳細は別報を参照願いたい¹³⁾。表3で特徴的なことは、再生樹脂化時の廃棄物量がかなり多いことであり、回収物の30%が結果的に廃棄される。表3の計算に用いたエネルギー源別の環境負荷量排出原単位の値を表4に示す^{1,2,23)}。この排出原単位の値は、船舶輸送については国外・国内共に9割5分積載の往復輸送、トラック輸送については9割積載で片道100kmの往復輸送として算出した。

なお廃棄過程には5つのコースがあるので、インベントリー分析結果に基づいて実際に環境負荷量を算出する際には、毎年の廃棄処理法の内訳²⁵⁾に案分比例して求めた。その際、散乱は常に総廃棄物量の1%とし、焼却埋立、直接埋立、および

表3 ペットボトル1kgあたりの環境負荷量

環境負荷物質	インプット (資源消費)							アウトプット			
	原油 (kg)	C重油 (kg)	軽油 (kg)	都市ガス (m ³)	電力 (kWh)	CO ₂ (kg)	NOx (kg)	SOx (kg)	廃棄物 (kg)	発電電力 (kWh)	回収
製造 過程	ペット樹脂製造	8.673E-01	2.493E-01			1.108E+00	2.606E-03	5.074E-03	4.792E-03		
	同輸送		3.061E-02	1.186E-02			7.269E-04	2.494E-03			
	ボトル成形					1.850E+00	4.995E-04	4.163E-04			
	同輸送			2.995E-02			2.892E-04	1.149E-04			
再生 過程	充填・流通			8.267E-02			7.983E-04	3.172E-04			
	再生樹脂化			3.788E-04		1.088E+00	2.903E-04	2.453E-04	3.000E-01		
	同輸送			9.219E-02			8.886E-04	3.553E-04			
	焼却埋立 (発電なし)		6.233E-05	3.915E-05	3.700E-04	1.300E-02	1.431E+00	8.508E-05	8.893E-06	3.100E-02	
廃棄 過程	同輸送			9.483E-02			2.954E-01	3.644E-04			
	焼却埋立 (発電あり)		6.233E-05	3.915E-05	3.700E-04	1.300E-02	1.431E+00	8.893E-05	8.893E-06	3.100E-02	6.418E-01
	同輸送			9.483E-02			2.954E-01	3.644E-04			
	減容埋立			1.263E-03		8.781E-03	7.357E-03	2.062E-06	1.000E+00		
	同輸送			9.483E-02			2.954E-01	3.644E-04			
	直接埋立			1.263E-03			4.024E-03	9.660E-06	1.000E+00		
	同輸送			8.645E-02			2.691E-01	3.333E-04			
	散乱 同輸送			1.263E-03			4.024E-03	9.660E-06	1.000E+00		
同輸送			8.383E-03			2.622E-02	8.055E-05	3.111E-05			

表4 エネルギー別の環境負荷物質排出原単位

	工場等				タンカー	トラック
	C重油 (kg/kg-C重油)	軽油 (kg/kg-軽油)	都市ガス (kg/m ³)	電力 (kg/kWh)	C重油 (kg/kg-C重油)	軽油 (kg/kg-軽油)
CO ₂	3.219E+00	3.186E+00	2.140E+00	3.795E-01	3.120E+00	3.130E+00
NO _x	2.705E-03	2.794E-03	3.500E-03	2.700E-04	2.020E-02	9.660E-03
SO _x	1.030E-02	7.649E-03	7.000E-05	2.250E-04	7.980E-02	3.840E-03

散乱に満たない部分を減容埋立と見なした。例えば2004年度の全国平均では、焼却埋立77.5%（発電あり30.1%，発電なし47.4%），減容埋立18.0%，直接埋立3.5%，散乱1%となる。

5. LCIA に用いるデータ

5.1 特定化

インベントリー分析の結果を用いて、ペットボトルのLCIAを行うステップのうち、初段の分類化についてはすでに図4に示した通りである。次に必要なのが特定化である。

図4で、インパクトカテゴリー「エネルギー消費」に関しては、C重油、軽油、都市ガスの3つの環境負荷物質が関与するが、これらのエネルギー資源は各々の規格値や基準値が異なるので個別に統合化指標を求め、最終的にその3者の平均値を求めてエネルギー消費に関する統合化指標とした。この取り扱いではエネルギー消費に関する特定化は行なわなくてよい。

酸性化に関してはNO_xとSO_xが関与するので特定化の処理が必要であり、ここではオランダのLeiden大学が提唱した酸性化係数（AP値）を特定化係数として用いた^{7,14)}。AP値は、SO₂を基準として単位重量の環境負荷物質から生じる水素イオン量で表現され、本研究で用いた特定化係数の値はSO_x=1、NO_x=0.7である⁷⁾。健康障害に関しても本来はNO_xとSO_xの両者を考慮する必要があるが、SO_xに関しては日本全国のほぼすべての測定地点において環境基準を達成している^{24,26)}、対象から除外した。したがって健康障害では特定化も行なわない（NO_x=1）。

廃棄場に関しては固体状の廃棄物を対象としており、廃棄物の有害性などの中身に関しては不問とし、単に最終廃棄物の処分場の確保という環境視点で評価している。したがって廃棄場についても特定化は行なわない。

なお、温暖化に関しては、ペットボトルのライフサイクルにおいて排出される関係物質はCO₂のみであり、特定化は行なわなくてよい。ただし後述の規格化と統合化を行なう段階では、全国で発生する温室効果ガスの全量（規格値、現状値）を把握する必要がある。CO₂以外に、1997年の京都議定書（国際連合気候変動枠組条約第3回締約国会議）^{27,28)}で規定されたCH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆の排出量も必要となる。この場合には、CO₂を基準として定められたGWP値（GWP100）²⁹⁾を用いて特定化を行ない、すべてCO₂換算重量で表示した。

5.2 規格化と統合化

表5にインパクトカテゴリー別の各年度の規格値と重みつけ係数を示す。2004年度については一部未発表のデータがあるので、その場合は2003年度のデータをもって2004年度のデータとした。同表に関する補足説明は以下の通りである。

資源枯渇（原油）、エネルギー消費（C重油、軽油、都市ガス）、及び電力に関しては、いずれも日本エネルギー経済研究所のデータを用いた³⁰⁾。このうち原油、C重油、及び軽油に関する規格値はいずれも石油換算重量で表示している。上記5種類の環境負荷物質の重みつけ係数を決めるために必要な目標値としては、同研究所が2002年に発表した2010年の予測値（基準ケース）を採

表5 規格値と重みづけ係数

インパクト カテゴリー	年 度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
資源枯渇	規格値(kg)*	1.863E+11	1.967E+11	2.090E+11	2.128E+11	2.236E+11	2.202E+11	2.211E+11	2.280E+11	2.216E+11	2.194E+11	2.212E+11	2.139E+11	2.144E+11	2.163E+11	2.135E+11
	重みづけ係数	1	1	1	1.00	1.05	1.04	1.04	1.07	1.04	1.03	1.04	1.01	1.01	1.02	1.01
C 重油	規格値(kg)*	4.573E+10	4.379E+10	4.453E+10	3.942E+10	4.346E+10	4.043E+10	3.745E+10	3.608E+10	3.400E+10	3.335E+10	3.122E+10	2.751E+10	2.940E+10	3.007E+10	2.645E+10
	重みづけ係数	1.65	1.58	1.60	1.42	1.56	1.46	1.35	1.30	1.22	1.20	1.12	1	1.06	1.08	1
エネルギー 消費	規格値(kg)*	3.432E+10	3.630E+10	3.715E+10	3.809E+10	4.032E+10	4.141E+10	4.196E+10	4.101E+10	4.000E+10	3.960E+10	3.803E+10	3.731E+10	3.598E+10	3.479E+10	3.486E+10
	重みづけ係数	1.03	1.08	1.11	1.14	1.21	1.24	1.25	1.23	1.20	1.18	1.14	1.12	1.08	1.04	1.04
都市 ガス	規格値(m ³)	1.563E+10	1.702E+10	1.795E+10	1.940E+10	1.970E+10	2.122E+10	2.208E+10	2.273E+10	2.310E+10	2.440E+10	2.548E+10	2.588E+10	2.794E+10	2.915E+10	3.070E+10
	重みづけ係数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.03
電力消費	規格値(kWh)	7.376E+11	7.630E+11	7.738E+11	7.828E+11	8.359E+11	8.557E+11	8.729E+11	8.950E+11	9.018E+11	9.157E+11	9.396E+11	9.240E+11	9.447E+11	9.201E+11	9.468E+11
	重みづけ係数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
温暖化	規格値(kg)	1.187E+12	1.196E+12	1.213E+12	1.203E+12	1.263E+12	1.327E+12	1.352E+12	1.358E+12	1.307E+12	1.328E+12	1.337E+12	1.302E+12	1.331E+12	1.358E+12	1.355E+12
	重みづけ係数	1.06	1.07	1.09	1.08	1.13	1.19	1.21	1.22	1.17	1.19	1.20	1.17	1.19	1.22	1.21
酸性化	規格値(kg)	2.279E+09	2.303E+09	2.250E+09	2.204E+09	2.280E+09	2.311E+09	2.282E+09	2.301E+09	2.224E+09	2.267E+09	2.225E+09	2.228E+09	2.230E+09	2.260E+09	2.260E+09
	重みづけ係数	1.22	1.44	1.22	1.33	1.22	1.22	1.33	1.33	1.22	1.11	1.11	1.11	1.00	1.00	1
健康障害	規格値(kg)	1.867E+09	1.910E+09	1.896E+09	1.887E+09	1.918E+09	2.008E+09	2.017E+09	2.047E+09	1.965E+09	1.996E+09	1.995E+09	2.020E+09	2.045E+09	2.015E+09	2.015E+09
	重みづけ係数	1.22	1.44	1.22	1.33	1.22	1.22	1.33	1.33	1.22	1.11	1.11	1.11	1.00	1.00	1
廃棄場	規格値(kg)	4.452E+11	4.487E+11	4.537E+11	4.472E+11	4.560E+11	4.445E+11	4.588E+11	4.661E+11	4.601E+11	4.512E+11	4.584E+11	4.523E+11	4.446E+11	4.636E+11	4.636E+11
	重みづけ係数	3.16	3.19	3.22	3.18	3.24	3.16	3.24	3.31	3.27	3.20	3.26	3.21	3.16	3.29	3.29
重みづけ係数の平均値		1.37	1.42	1.38	1.39	1.40	1.39	1.42	1.42	1.37	1.34	1.33	1.30	1.28	1.29	1.29

*石油換算重量

用した³⁰⁾。これらの目標値は、2000年の使用実績に対して、原油4%減(目標値 2.123×10^{11} kg)、C重油11%減(目標値 2.778×10^{10} kg)、軽油12%減(目標値 3.346×10^{10} kg)、都市ガス17%増(目標値 2.981×10^{10} m³)、電力12%増(目標値 1.113×10^{13} kWh)となっている。すでに述べたように目標値が現状値を上回っているケースでは重み付け係数を1としており、表5によると都市ガス(2004年度を除く)と電力消費では重み付け係数は各年度とも1であり、C重油と軽油の重み付け係数が相対的に大きくなっている。

温暖化に関しては、国立環境研究所の統計資料³¹⁾をもとに、温室効果ガスの年間総排出量をCO₂重量に換算して規格値とした。目標値は京都議定書に規定される1990年度実績の6%減であり²⁶⁾、この値をもとにして各年度の重み付け係数を算出した。

酸性雨に関する規格値は、環境省によるNO_xとSO_xの排出量データ³²⁾をもとに算出した。一方目標値となる大気環境濃度については権威ある機関が定めた適当な値が見つからなかった。そこで明確に酸性雨と認められるpH(水素イオン濃度)は5とされているので^{33,34)}、pH=5に相当する酸性雨地域^{26,35)}の大気中NO_x濃度を国立環境研究所のデータベース上で検索し³⁶⁾、その平均NO_x濃度0.009ppmを酸性雨の目標値に定めた。これに応じて重み付け係数もNO_xの現状濃度(一般大気環境測定局の年平均値)³⁷⁾を用いて算出した。健康障害についても、酸性雨の場合と同じNO_xの規格値と重み付け係数を用いた。

廃棄物は、一般廃棄物と産業廃棄物に区分されるが^{11,25)}、規格値としては両者の年間排出量の合計を用いた^{35,38)}。目標値としては、循環型社会基本法に定める2010年度の廃棄物等の減量化目標値を用いた⁹⁾。同目標によれば一般廃棄物は2000年度比で20%の削減、産業廃棄物は1990年度比で75%の削減であり、合計目標値は 1.408×10^{11} kgである。表5によると、廃棄場に関する重み付け係数が他のインパクトカテゴリーに比べて際立って大きいことが分かる。

6. LCIAの結果と考察

6.1 全体の傾向

1990年度から2004年度に至る15年間の統合化指標の年次変化を図5に示す。この図では、一次製品と二次製品の統合化指標、およびその平均値としての本来の意味でのペットボトルのライフサイクルにおける統合化指標(=生涯平均統合化指標、以下特に混乱しない場合は単に統合化指標と呼ぶ)に分けて示してある。初年度の1990年度は、リサイクル制度が未導入なので3つの統合化指標は一致しており、その値は 4.436×10^{-4} である。この年度の重み付け係数(7項目の平均値)は1.37(表5参照)であり、したがって対象としている7個のインパクトカテゴリーに関しては、日本全体で生じている環境影響のうちペットボトルに基づく影響の割合が0.032%($=4.436 \times 10^{-4} / 1.37$)であることを意味している。統合化指標の値は年度進行に伴い大きくなっていくが、リサイクル制度が本格化する1996年度以前(第1期と2期)は3つの統合化指標は事実上同じ値を示している。1997年度以降の第3期に入ると、3者の統合化指標の分離が次第に顕著になり、特に一次製品の増加が顕著となるが、リサイクル効果により二次製品については2000年度以降必ずしも増加していない。とはいえ、全国における環境影響中に占めるペットボトルの割合は、2004年度には0.129%($=1.658 \times 10^{-3} / 1.29$)であり、1990年度

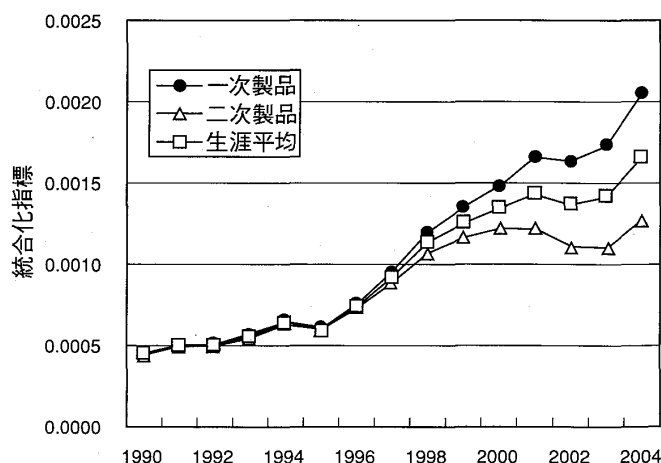


図5 製品別統合化指標の年次変化

に比べて4倍に増加している。

6.2 各インパクトカテゴリーの寄与度

個々のインパクトカテゴリーの寄与の大きさを見てみる。15年間を通じて個別統合化指標の順位にあまり大きな変化が見られないので、値の大きなものから順に15年間の平均値を表6に示した。ペットボトルが与える環境影響中では酸性化が最も大きく、その個別統合化指標の値 1.517×10^{-3} がペットボトル全体に占める比率は22.4%である。この酸性化に関しては、重みつけ係数の15年間の平均値が1.19であり、したがって日本全体の酸性化のうちペットボトルが0.13%の寄与をしていることになる。2番目に大きな影響を与えているのがエネルギー消費（ペットボトル内比率：19.1%）となっている。酸性化とエネルギー消費がペットボトルの環境影響として大きな位置を占めるのは、この両インパクトカテゴリーに關与する環境影響物質が、製造過程・再生過程・廃棄過程の全ての過程で消費ないしは排出されるからである（表3参照）。酸性化に関してはNO_xおよびSO_xが全ての過程で排出され、またエネルギーに関してはC重油、軽油、都市ガスのうち少なくとも一種が使用されている（ボトル成型を除く）。特にいずれの過程においても工程間・工場間での運搬輸送が必須であり、トラック輸送に

使われる軽油がエネルギー消費および酸性化（NO_x, SO_x 排出源）にかなりの影響を与えている。例えば2004年度の酸性化では、一次製品におけるNO_xとSO_xの排出量のうち、40%が輸送過程における排出である。これに対して健康障害は、酸性化の場合と同じ環境負荷物質NO_xが關与するにもかかわらず、6位（同11.7%）に留まっていることは興味深い。

また現在の最大の環境問題ともいえる温暖化への寄与は4位（同13.7%）であり、温暖化全体に対するペットボトルの寄与率は0.080%と比較的少ない。これは、ペットボトルの回収率が高いことと（2004年度の回収率62.3%：表1参照）、廃棄処理の一部にCO₂を排出しない埋立て廃棄が含まれるためと考えられる。1kgの廃棄に伴うCO₂排出量は、焼却処理で1.726kg、埋立処理（減容）で0.303kgであり（表3参照）、2004年度の埋立処理率は21.5%である。

ペットボトルに関して最も影響度が少ないのは廃棄場（同7.3%）であり、その重みつけ係数が3.23と大きいことを考慮すると、全廃棄場に対するペットボトの寄与率は0.015%に過ぎない。

6.3 工程別の寄与度

本論文では、ペットボトルのライフサイクルを製造、再生、廃棄の3過程に大別している（表3

表6 個別統合化指標の値と比率

順位	インパクトカテゴリー	個別統合化指標*	ペットボトル内での割合	重みつけ係数*	ペットボトルが占める割合
1	酸性化	1.517E-03	22.4%	1.19	0.127%
2	エネルギー消費	1.293E-03	19.1%	1.15	0.112%
3	資源枯渇	9.365E-04	13.9%	1.02	0.092%
4	温暖化	9.230E-04	13.7%	1.16	0.080%
5	電力消費	8.061E-04	11.9%	1	0.081%
6	健康障害	7.939E-04	11.7%	1.19	0.067%
7	廃棄場	4.919E-04	7.3%	3.23	0.015%
	7項目の平均	9.659E-04	(100%)	1.36	0.082%

*1990～2004年度までの平均値

参照)。各工程のインパクトカテゴリーごとの個別統合化指標の値を図6に示す。この図では各工程共に2004年度の一次製品生産量(5.137×10⁸kg)を処理したとした場合の値で示してある。廃棄場を除いて、いずれのインパクトカテゴリーについても製造過程の環境影響が圧倒的に大きく、7項目平均の比率は、製造67.6%、再生18.2%、廃棄14.2%となる。資源枯渇については製造が100%であるのに対し、廃棄場では製造過程での影響は事実上無視でき、再生と廃棄過程でほぼ同程度(0.001程度の個別統合化指標)の影響を与えている。再生と廃棄に関するこの個別統合化指標の値は、他のインパクトカテゴリーの値よりかなり大きく、ペットボトルの再生と廃棄に関しては、廃棄場の影響度が相対的に大きいことを示している。

一方電力消費に関しては、廃棄処理の一部に発電を伴う焼却埋立があることにより電力の回収が可能であり、個別統合化指標はわずかではあるが負の値(-9.849×10⁻⁵)を示す。

6.4 年次変化

1990年度の統合化指標を1として、年度進行に伴う個別統合化指標の相対的な変化を見てみる。すでに図5で統合化指標(7項目平均)は年度の進行に伴い増加することを示したが、いずれのインパクトカテゴリーも増加傾向にあるので、図7には増加率が最大と最小の2つのインパクトカテ

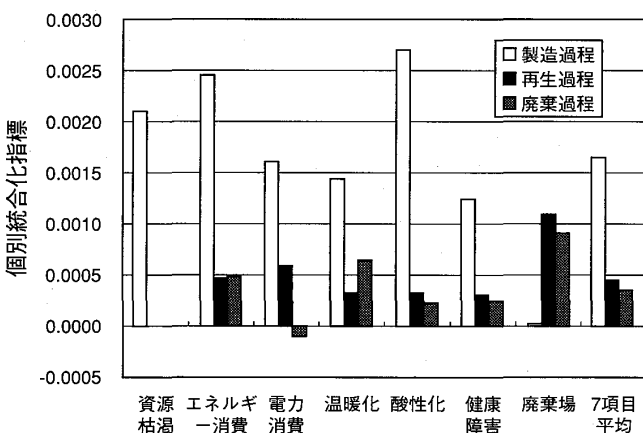


図6 一次製品の工程別の個別統合化指標(2004年度)
(いずれの工程も2004年度生産量5.137×10⁸kgを処理した場合)

ゴリーのみを示した。1990年度に対して2004年度は、7項目平均では3.74倍の増加であるのに対し、最大の廃棄場は4.92倍、最小の健康障害は3.35倍である。

すでに2.3節で触れたように、ペットボトルの生産量はこの15年間に5倍に増加しており、図3に示す生産量の年次変化と図7に示す統合化指標の年次変化の形状がよく似ている。つまり基本的には15年間における生産量の増加がペットボトルの統合化指標の増加を招いており、ペットボトル以外の商品あるいは人間活動の増加は、ペットボトル生産量の増加ほど顕著ではなかったと言える。

ペットボトルの生産量と統合化指標の関係を1990年度比で示したのが図8であり、1kgの生産量あたりの個別統合化指標の年次変化である。7項目平均では容器包装リサイクル法⁹⁾が施行された第3期以降指標の値は順調に減少しており、2004年度の値は0.732である。このように単位生産量あたりの統合化指標が減少している主因は、回収率の増加にあるとみてよい。最も減少率の大きい健康障害では2003年度にはいったん0.6以下まで低下した。一方、最も低下率の少ない廃棄場については問題があり、第2期までは減少傾向にあったが、第3期に入るとむしろ増加傾向にあり、2004年度は0.963まで上昇している。これは図6で述べたように、再生過程で廃棄場に対する影響度が大きいことの反映であり、回収率の増

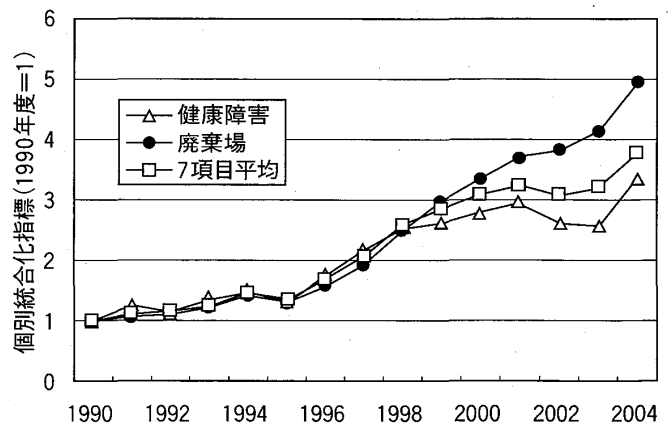


図7 個別統合化指標の年次変化
(代表的インパクトカテゴリーのみ)

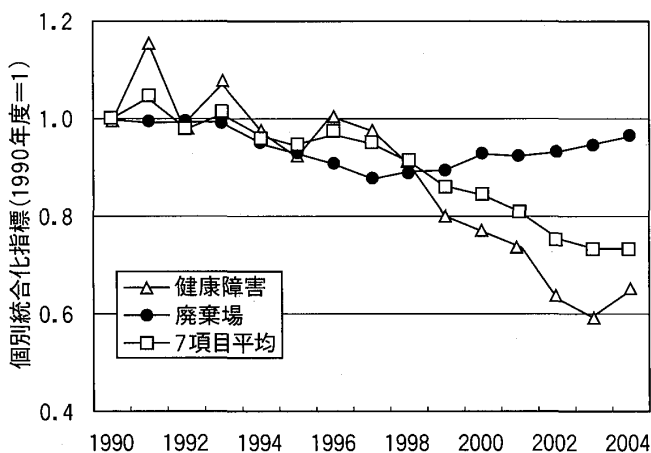


図8 単位生産量あたりの個別統合化指標の年次変化 (代表的インパクトカテゴリーのみ)

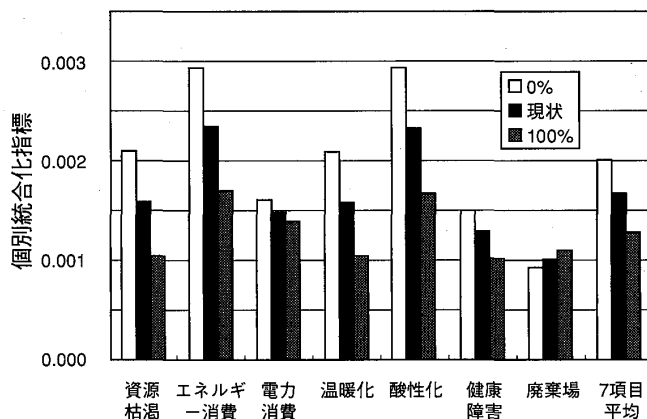


図9 個別統合化指標から見たリサイクルの現状 (2004年度)

加に伴う必然的な結果である。

6. 5 LCIA からみたりサイクル度

先に表1において、2004年度のペットボトルの回収率が62.3%であることを示した。この回収率は生産量に対する回収量の重量比であり2004年度のリサイクル度を示している。一方、本研究で求めた環境影響評価の視点からもリサイクル度を求めることができる。全く回収しない場合 (回収率0%)、100%回収した場合、及び現状 (現実の回収率) の各々の場合について統合化指標 (I_0 , I_{100} , $I_{現}$) を求め、 $(I_0 - I_{現}) / (I_0 - I_{100})$ により環境影響評価上のリサイクル度を求めた。この場合にもペットボトルは2回使用すると的前提で試算しており、その結果を図9に示す。7項目の平均では、 $I_0 = 2.013 \times 10^{-3}$, $I_{100} = 1.283 \times 10^{-3}$, $I_{現} = 1.662 \times 10^{-3}$ であり、リサイクル度は48.1%になる。この値はボトル回収率からみた単純なりサイクル率62.3%よりかなり低く、回収されても実際に再生される樹脂の割合が77%であること (表1参照)、廃棄場に関しては100%回収の方が個別統合化指標の値が大きくなること (図9参照) などが影響していると思われる。また電力消費に関しても、再生過程で消費する電力量がかなり多いので (表3参照)、100%回収しても統合化指標はほとんど減少していない。

図9によると、0%と100%の統合化指標の差が大きい (回収率を上げることにより日本全体の

環境影響を減少させる効果が大い) インパクトカテゴリーは、酸性化 (差: 1.262×10^{-3}) とエネルギー消費 (差: 1.234×10^{-3}) であり、現状の個別統合化指標の大きさの順序とおおむね一致している。7項目平均の I_0 と I_{100} の値から計算すると、仮に100%回収したとしても全く回収しない状態の64%の環境影響が残ることになる。

7. おわりに

DtT法によるペットボトルの統合化指標の値から、日本全体の環境影響のうちペットボトルが0.129%の寄与をしていることが判明した (2004年度)。統合化指標の値は1990年度以降の15年間に3.74倍に増加しているが、この増加の主因はボトル生産量の増加 (5倍の増加) にあり、容器包装リサイクル法の施行に伴う回収効果により、生産量の増加率よりは統合化指標の増加率が低くなっている。ただ仮に100%の回収率が実現しても、全く回収しない場合に比べて減少できる環境影響は36%であり、基本的にはペットボトルの生産量を減らす工夫・努力が最善の策といえる。

ペットボトルが与える環境影響としては、酸性化が最大の22.4%を占め、次いでエネルギー消費、資源枯渇と続き、最下位が廃棄場の7.3%であった。今回行った統合化指標を用いるLCIAは、このように異質のインパクトカテゴリーを同一基準で比較可能にするところに大きな特徴があ

る。ただ、統合化の手法には多種類あり、しかも任意性が入り得るので、目的によってどのような統合化手法を選択すべきかを十分吟味する必要がある。

本論文ではペットボトルは1回のリサイクルが可能であり通算2回使用するとして試算を進めた。ただ現実には再生処理時の技術的問題等により^{11,39)}、再生樹脂の用途としては繊維やシートへの加工が多く、ペットボトルとしての再生の比率は16%程度(2004年度)である¹⁷⁾。仮にボトルとしての再生でなくてもポリエチレンテレフタレート(PET)を原料とした製品が再生されるということでは共通であり、環境影響の緩和に関してはペットボトルへの再生と同程度の効果を発揮すると考える。また再生樹脂化の方法自体も最近に変化の兆しを見せており、従来から行われているフレーク化処理(ボトルを8mm角程度に裁断)に代わり、ボトルtoボトル化技術(回収ボトルを化学的に処理し原料に戻して再ボトル化)が始動し始めている^{11,16)}。これまでの方法では再生過程における廃棄物の排出が環境影響上の問題点として指摘されていたが、新しい再生樹脂化法によりその影響の大幅な減少が期待できる。ただペットボトルに限らないが、リサイクルに関しては費用と資源・エネルギーなどの面で、経済性を無視しているとの指摘が少なくないことも事実である⁴⁰⁾。

今回の試算では紙面の都合上我が国全体を対象とした扱いに限定したが、廃棄物の処理法や電力回収の有無などに関して都道府県により大きな違いがあるので、環境影響評価にも都道府県の特徴が反映される¹³⁾。さらに今回対象としなかった局地性のインパクトカテゴリー(富栄養化、水質汚濁など)を含めることにより、より一層都道府県ごとの違いが明確になると考えられる。

本論文は、著者の一人が執筆した修士論文¹³⁾の内容を再吟味し、問題点等を精査した上で新たに構成し直し、その一部分をまとめたものである。

参考文献

- 1) 環境庁監修, 1998年, ライフサイクルインベントリー分析の手引き, 化学工業日報社.
- 2) 足立芳寛ほか, 2004年, 環境システム工学—循環型社会のためのライフサイクルアセスメント—, 東京大学出版会.
- 3) 稲葉 敦監修, 2005年, LCAの実務, 産業環境管理協会.
- 4) 本下晶晴ほか, 2005年, ライフサイクル影響評価(LCIA)の概要, 日本エネルギー学会誌, 84(7), 549-553.
- 5) 日本材料科学会編, 1999年, 地球環境と材料, 裳華房.
- 6) 伊坪徳宏ほか, 2005年, 環境影響の統合化指標を得る—LCAにおける統合化手法の特徴—, 日本エネルギー学会誌, 84(9), 780-785.
- 7) 伊坪徳宏ほか, 1997年, ライフサイクルインパクト分析手法の現状, 土木学会論文集, No.573/VII-4, 1-8.
- 8) 福島哲郎監修, 1999年, ISO14000のための環境影響評価, 日経BP社.
- 9) 環境省編, 2004年, 平成16年版・循環型社会白書—循環型社会構築の障害とその克服に向けて—, ぎょうせい.
- 10) 武内和彦ほか, 2002年, 環境学序説, 岩波書店.
- 11) 田中信壽編著, 2003年, リサイクル・適正処分のための廃棄物工学の基礎知識, 技報堂出版.
- 12) 稲葉 敦ほか, 1998年, ライフサイクルアセスメント(LCA)の最近の動向, 日本エネルギー学会誌, 77(10), 962-973.
- 13) 矢作貴子, 2006年, ペットボトルのリサイクル—環境影響評価について—, 平成17年度修士論文.
- 14) 松野泰也ほか, 1998年, 日本におけるインパクトアセスメント統合指標の開発—Distance to Target法を用いた統合化指標およびその適用例について—, 日本エネルギー学

- 会誌, 77(12), 1139-1147.
- 15) 山口則子ほか, 2002年, 物質・生命・環境, 宣協社.
 - 16) PET ボトルリサイクル推進協議会編, 2005年度版・PET ボトルリサイクル年次報告書 (インターネット版: 2006年 8 月閲覧).
 - 17) PET ボトルリサイクル推進協議会, 統計データやりサイクル状況など, <http://www.pet-bottle-rec.gr.jp/top.html> (2006年 8 月 閲覧).
 - 18) 環境省, 平成16年度容器包装リサイクル法に基づく市町村の分月収集及び再商品化の実績について, <http://www.env.go.jp/recycle/yoki/> (2006年 8 月閲覧).
 - 19) 未踏科学技術協会エコマテリアル研究会監修, 1996年, 高分子材料のリサイクル, 化学工業日報社.
 - 20) プラスチックごみ最適処理技術研究会編著, 1995年, プラスチックごみの減量化とリサイクル, 日報.
 - 21) J. C. Powell *et al.*, 1997, Approaches to valuation in LCA impact assessment, *Int. J. LCA*, 2, 11-15.
 - 22) 松野泰也ほか, 1998年, 排出地域および排出形態を考慮した局地性インパクトカテゴリーのインパクトアセスメント手法の開発, 日本エネルギー学会誌, 77(12), 1128-1138.
 - 23) 容器間比較研究会編集・出版, 2001年, LCA 手法による容器間比較報告書 (改訂版).
 - 24) 生活情報センター編集・出版, 2004年, 2004年版・環境問題総合データブック.
 - 25) 環境省, 廃棄物処理技術情報, <http://www.env.go.jp/recycle/waste/> (2006年 8 月 閲覧).
 - 26) 環境省編, 2004年, 平成16年版・環境白書, ぎょうせい.
 - 27) 茅 陽一監修, 2003年, 環境年表2004/2005, オーム社.
 - 28) 不破敬一郎ほか編, 2002年, 地球環境ハンドブック (第2版), 朝倉書店.
 - 29) IPCC 編 (気象庁ほか翻訳・監修), 2002年, IPCC 地球温暖化第三次レポート-気候変化2001-, 中央法規出版.
 - 30) 日本エネルギー経済研究所編, 2006年, 2006年版・EDMC エネルギー・経済統計要覧, 省エネルギーセンター.
 - 31) 国立環境研究所編, 2006年, 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (インターネット版: 2006年 8 月閲覧).
 - 32) 環境省編, 2006年, 「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく第4回日本国報告書 (インターネット版: 2006年 8 月閲覧, 一部データは2002年の第3回報告書で補足).
 - 33) 畠山史郎, 2003年, 酸性雨-誰が森林を傷めているのか?- , 日本評論社.
 - 34) 近藤 豊記, 2002年, 大気化学入門, 東京大学出版会 (原著: D. J. Jacob).
 - 35) 環境省編, 2005年, 平成17年版・環境統計集, ぎょうせい.
 - 36) 国立環境研究所, 大気・水環境-環境数値データベース-, <http://www.nies.go.jp/> (2006年 8 月閲覧).
 - 37) 環境省, 平成16年度大気汚染状況について, <http://www.env.go.jp/air/osen> (2006年 8 月 閲覧).
 - 38) 環境省編, 2006年, 平成18年版・循環型社会白書-世界に発信する我が国の循環型社会づくりへの改革- (インターネット版: 2006年 8 月閲覧).
 - 39) 松藤敏彦ほか, 2000年, リサイクルと環境, 三共出版.
 - 40) 武田邦彦, 2006年, 論点・リサイクル制度, 読売新聞2006年 8 月11日付け東京版.

Life Cycle Impact Assessment for PET Bottles by Distance-to-Target Method

TAKAKO YAHAGI^{* **}, TOMOYASU ITO^{*}

**School of Social Information Studies, Otsuma Women's University*

***Present Affiliation : Biznet Co., Ltd.*

Abstract

Environmental assessments for PET bottles have been carried out by using a life cycle impact assessment (LCIA) method which is excellent in total evaluation for a system consisting of many different impact categories such as global warming, energy consumption, *etc.* A technique used for the impact assessment is Distance to Target method, and recycling for a PET bottle has been assumed to be possible only one time. The main results obtained in this study are as follows.

LCIA values for PET bottles have increased to 3.74 times in 15 years from 1990 to 2004. This increase mostly comes from increase in bottle production amounts (5 times in 15 years), but a rise in recovery by recycling has contributed to reduction in large increase in LCIA. PET bottles are shown to occupy 0.082% of environmental assessments due to total human activities in Japan. The worst impact category in PET bottles is acidity (22.4% of the assessment for PET bottle), then energy consumption (19.1%), and the least is refuse disposal space (7.3%).

Key Words (キーワード)

PET bottle (ペットボトル), Recycle (リサイクル), Life cycle assessment (LCA: ライフサイクル評価), Life cycle impact assessment (LCIA: 環境影響評価), Distance to Target (DtT 法), Impact category (環境影響項目)