



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ライフサイクルアナリシスに関する基礎的研究：その概念とおむつへの適用（その1）
Author(s)	永野, 孝一; 永野, 理恵; 乾, 由美 他
Description	第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木） 北海道大学学術交流会館） . 3 測定・評価 . 3-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 93-98
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7428">https://hdl.handle.net/2115/7428</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-3-5_p93-98.pdf



ライフサイクルアナリシスに関する基礎的研究  
- その概念とおむつへの適用 (その1) -

永野孝一, 永野理恵 (都市環境研究会)  
乾 由美, 金安公造 (長 大)

1. はじめに

『環境にやさしい』とは、どのような製品、サービス、生活様式をいうのであろうか。使用後の廃棄物の量を考えてそういうのであろうか、それとも製造工程での環境への汚染物質の排出量をもとにいうのであろうか。近年、この『環境にやさしい』という言葉は幅広く使われ、市民権を獲得しはじめている。そして、環境問題への関心の高まりが、市民による自分自身の生活様式の見直しや製品開発における企業の環境への配慮などさまざまな面で新たな取り組みを生んでいる。古紙をはじめとして、牛乳パックや空き缶の回収は、活発に行われるようになった。製品を運搬する際の包装を廃棄物量が少ないものへと変更する企業も現れた。しかしながら、具体的にあるいは定量的に何をもって『環境にやさしい』とすればよいのであろう。例えば、古紙や牛乳パックの回収は、森林資源の保護という観点での効果はあるが、経済的な枠組みが充分でないため、回収すればするほど回収業者の経営は困難になり、いわゆるリサイクルシステムが維持できなくなっているケースがある。また、割箸と塗り箸の使用についても、割箸はそのままでは廃棄するしかない間伐材を有効利用しているとの見方もある。つまり、『環境にやさしい』くらしをするために、どの製品を利用するのか、いかなる生活様式にするのか、どのような社会経済システムがよりよいのかなどについて、合理的なデータが整備されず、また充分な議論がないまま、個々人のあるいは企業の姿勢や信条に従って行動を起こしているのが現状であろう。

2. LCAの概念と問題点

ライフサイクルアナリシス (LIFE CYCLE ANALYSIS, LCAと記す)とは、環境へおよび各種の負荷とエネルギーや資源の消費を考慮した製品やシステムの総合評価手法である。これは、さまざまな目的で開発されているものの、いずれにしても可能な限り環境について配慮しようとする視点を持ち、『環境にやさしい』とは何かを考える上で参考資料を豊富に提供してくれることはまちがいない。ここでは、LCAの概念を整理しその限界と問題点を整理する。

2.1 基本的な概念

LCAは、製品の『ゆりかごから墓場まで』を、図1に示すように原料の採取、加工、製造、流通、使用(消費)、再利用、廃棄などの段階で分け、製品の一生つまりライフサイクルでのエネルギーや資源の消費、環境への負荷を包括的にとらえ評価する手法である<sup>1)</sup>。エネルギーと資源の消費、製造、包装、サービスに関わる廃棄物を総合的に評価するための『環境の収支計算』といってもよい<sup>2)</sup>。また、表1のように、LCAは、ライフサイクルアセスメント、エコバランスなどと呼ばれ、類似した概念の既往研究がある<sup>3)</sup>。例えば、エコバランスは生態系への影響を主として扱ったものである。それぞれの概念には若干の差異があるが、ここではより一般的な概念をまとめる。

LCAには、LIFE CYCLE INVENTORY, LIFE CYCLE IMPACT ANALYSIS, LIFE CYCLE IMPROVEMENT ANALYSISの3つの要素がある。まず、LIFE CYCLE INVENTORYとは、評価項目の選定と定量的評価であり、製品のライフサイクルの各段階での、あるいは全段階を通してのエネルギー、資源、原料などのインプットと廃棄物などのアウトプットの勘定を一覧表(目録すなわちINVENTORY)にすることである。従来の狭い意味でのLCAは、このLIFE CYCLE INVENTORYを指している。作成されたINVENTORYから

どの段階でどの程度のエネルギーや資源が消費され、どのような物質が環境へ影響を与えているかを明確にすることができる。

次に、LIFE CYCLE IMPACT ANALYSISとは、INVENTORY中に示された廃棄物やエネルギーによる自然や生態系などの環境およびヒトの健康への影響の特質を明らかにし評価するプロセスである。そして、LIFE CYCLE IMPROVEMENT ANALYSISとは環境への負荷を低減するための方策の体系化である。製品および廃棄物管理の改善を、経済的側面つまり価格システムの見直しや社会的費用を考慮した費用負担、廃棄物管理からみた原材料の変更、消費者による製品選択、廃棄物処理・処分方法の検討などを行うステップである。INVENTORYやIMPACT ANALYSISのデータを利用して、環境への負荷の少ない生活様式や社会経済システムを構築するのである。

## 2.2 LCAの目的

LCAの一般的な目的は、製品のライフサイクルすべての段階において、環境に与える負荷を可能な限り減少させるかあるいはなくすことである。しかし、LCAの実施者として製品の製造者、消費者、行政機関などが考えられ、実施者によって重きをおく点が大きく異なる。これは、LCAを実施することによる利点が異なるからであり、各実施者の目的は表2のようにまとめることができる<sup>4)</sup>。評価項目をあげ、それぞれについて調査しINVENTORYを作成するだけでも、どの段階でどの程度の負荷を与えているのかわかり意義深い。その意義は評価主体が誰であるかによって違ってくるのである。例えば、企業によるLCAならば、自社製品の長所を発見するような、あるいはPRになるような点を大きく評価するであろうし、消費者の立場から評価するならば、絶対的な評価は困難であっても、製品間での相対的評価が製品を選択するときの大きな基準になるであろう。

## 2.3 LCAの手順と問題点

LCAの概念と3つの要素から、実際の手順として以下のようなことが行われ、それに付随する問題点をあげることができる。

①評価対象および評価範囲の選定。LCAの基本的な概念にしたがえば、ライフサイクルの範囲として、原料の採取、加工、製造、流通、使用(消費)、再利用、廃棄、廃棄物の処理・処分などをとりあげ、原則的には製品に係わるすべての段階について評価する。しかし、データの収集可能性やトータルな影響に対する寄与度、重要性などによって、段階の範囲や対象段階を限定することがある。評価の目的に応じて合理的な範囲を明確にすることが必要である。

また、これはLCA実施者によっても異なるが、評価対象を決定する必要がある。製造者であれば、まずひとつの製品について行い、段階別に調査比較することによって、改善すべき段階を抽出するだろう。そして、その段階内において採用される製造方法などの比較検討がなされる。その結果、どの過程を改善すれば環境への負荷を軽減できるかを知ることができ、今後の製品開発に環境という視点

## 製品のライフサイクル

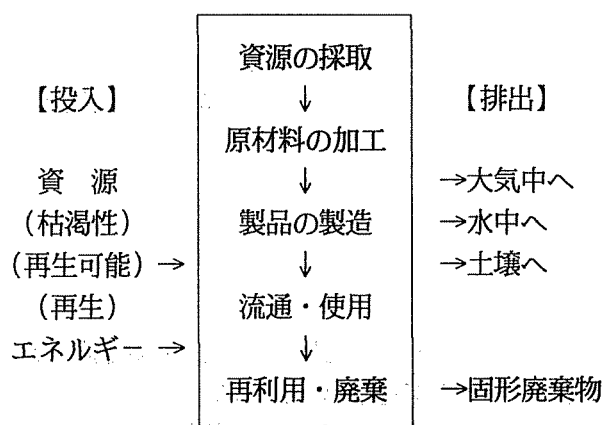


図1 製品ライフサイクルの概念図

表1 LCAの類似概念

LIFE CYCLE ASSESSMENT
CRADLE TO GRAVE ASSESSMENT/ANALYSIS
RESOURCE ANALYSIS
ENVIRONMENTAL ASSESSMENT
PRODUCT LINE ANALYSIS AND EVALUATION
ECOLOGICAL BALANCE
ENVIRONMENTAL IMPACTS
RESOURCE AND ENVIRONMENTAL PROFILE ANALYSIS

を考慮することができる。このとき、以降の評価項目の選定、調査、INVENTORYの作成、評価という一連の作業は、主として企業内の担当者があたることが多く、その結果は自社の製品にのみ反映される。消費者や行政機関であれば、利用目的を同一にする多数の製品を対象にすることがある。段階別や製品別に比較が可能となり、製品毎の改善点を把握することができる。一般の消費者に内容を提示するならば、製品を選択するための判断材料を提供できる。例として、さまざまな容器について調査し、どの段階で、どの種類の容器がどの程度環境への負荷が多いかあるいはエネルギーを消費しているかが比較されている<sup>5)6)</sup>。これによって、各製造者は他の容器製造より環境への負荷の小さいものを開発するために、どの段階に注目すればよいかわかるし、容器を利用する立場の人たち、つまり消費者は、製品の選択するうえでの判断基準を手に入れることができる。

表2 LCAの目的

<p>&lt;製造者&gt;</p> <p>①環境へより有利な製品のデザインや製造工程の選択</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の選択肢の中から最も影響の少ないものを選ぶ</li> <li>・最大の影響が生じる工程を見分け、設計や工程の改善をする</li> <li>・さまざまな戦略によってもたらされる影響を比較する</li> <li>・基準値・規制値達成のためのチェック</li> <li>・改善目標の抽出</li> </ul> <p>②消費者に対するセールスポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・製品の適切な情報を提供</li> <li>・自社製品の弁護</li> <li>・企業間における競争的地位を高める</li> </ul> <p>&lt;消費者&gt;</p> <p>①環境を考慮した製品選択の判断材料</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・類似製品の比較</li> </ul> <p>②環境教育</p> <p>&lt;行政機関&gt;</p> <p>①環境政策の決定のための参考資料</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・製品に対するさまざまな政策を行った場合の効果を評価</li> <li>・公平な立場からの評価</li> </ul> <p>②制度化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エコラベリング制度への応用</li> </ul> <p>③環境教育</p>
--

②評価項目の選定。各段階で、資源消費の影響、エネルギー消費の影響、環境汚染の影響、社会経済的影響、美観などの心理的影響等があげられる。これらは、大きく分けて定量化できるものと定性的なものがある。定量的に評価可能な項目として環境へ影響を及ぼす物質があげられるが、規制基準のあるもの、健康影響についてのデータがあるもの、環境や健康などに対して何らかの影響が認められ環境中での動態や排出実態についてデータのあるものに限定されることが多い。製品によっては、特別な項目も含めなければならないことがある。また、環境汚染物質の中には長期的な影響が考えられるものや微量であっても重大な影響を与えるものがあり、それらは考慮しなければならない。さらに、定性的な評価項目をどのように取り入れるかも検討しなければならない。

INVENTORYのみケースでは、調査項目とその結果を整理すればよい。しかし、評価をするためには、影響を受ける対象と程度の大きさを考慮しなければならない。対象として、自然環境（大気、水、土壌、生態系など）とヒトに対する影響を評価することが多い。また、影響の程度として悪化、現状維持、改善、リスクとして無視しえないなどのレベルを示す。

③評価項目の計測と表示。評価項目に関するデータを取り扱う上で、データの特性等を明確にしておくことが重要である。例えば、データの出所やサンプリングした集団などを明らかにして再評価を可能にしておくこと、統計的意義を示すこと、定性データと定量データを分類することなどがあげられる。LCAは、極めて広い範囲と“製品”を対象にするため、必要なデータがすべて入手可能とはいきれない。逆に、このデータの入手可能性が、範囲の限定や評価項目の設定に影響する。したがって、さまざまな仮定のもとでデータを利用したり議論することになる。仮定としては、類似の複数のデータから選択したり、他の領域からの外挿、異種の集団からの適用などが考えられる。さらに、結果の表示としては、データの出所や母集団、データおよび評価自体の統計的信頼性、仮定を用いた

場合の方法と精度，幅のあるデータの利用の有無（安全側の評価や平均値での評価など），代表値でなく幅を持たせたままの表示，定性的項目の表示などに注意をはらう必要がある。

以上のことに加えて，次のような問題点や注意点もあげられる。

○総合評価を行うことは，困難なことが多い。例えば，総合化する際に必要とされる資源・エネルギーおよび環境上のさまざまな項目の重要度は評価が難しく，定量的データであっても総合的に判断して優劣を評価することは困難である。

○固有のデータに欠け，多くの環境，経済要因によって変動する可能性がある。INVENTORYでのデータも標準的な産業プロセスを反映していることが多いので，極端な状況などではあいまいになる。エネルギー調達，流通および化学的プロセスに関する前提条件の設定についても，地域的，経済的要因で大きく変動しうる。

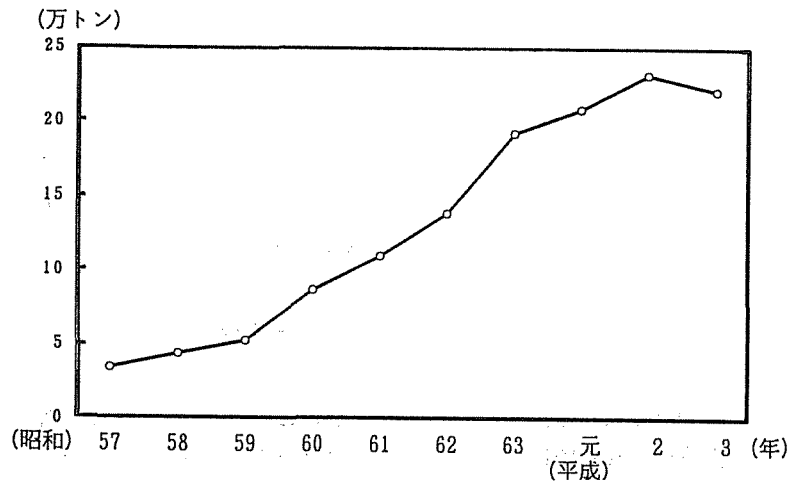
○LCAは，消費者が製品の購入を決定するときの一部分のデータを提供しているのであって，消費者にとって最適な製品を推薦しているわけではない。複雑なあらゆる環境問題を整理し優先順位をつけて情報を提供しているわけでもない。それぞれの製品に関わる環境問題を特定し，ある程度の参考情報を示しているに過ぎない。

○対象範囲や評価項目によっては，次のような点も考慮すべきであろう。エネルギーについては，労働力のエネルギー評価，設備へのエネルギーの負担，保存・備蓄のエネルギーの算入，海外とのエネルギー換算の整合性，機能，便利さのエネルギー的評価などがあげられる<sup>7)</sup>。環境影響における毒性の取り扱いについては，リスクアセスメントとの関係も示さねばならないケースもある。

### 3. おむつへの適用

現在，核家族や共働き世帯の増加，親の自由度の高い生活への要求などによって育児をとりまく環境は大きく変化している。乳幼児用の紙おむつ生産数量の推移をみると，図2に示されるように，昭和60年代に入ってから急激に伸びていることがわかる。紙おむつの軽量化も進んでいるので，枚数ベースではより増加していると考えられる<sup>8)</sup>。紙おむつの使用は，育児に対する親の姿勢やごみの増加という観点から批判的な議論が多い。これに対して，P & G社はおむつに関するLCAを行ない，厳密な比較は難しいものの，洗剤や水を使わない紙おむつは布おむつと同じくらいの環境への負荷であると調査結果を発表している<sup>9)</sup>。一方，環境にやさしい暮らしへの参考として，紙おむつと布おむつの原材料コスト，処理コスト，環境負荷について比較され，布おむつの方が環境にやさしいとされている<sup>10)</sup>。しかし，前者の研究ではINVENTORYにとどまるとともにアメリカにおける現状であり，後者は，LCAの概念と異なる計算がされている。例えば，原材料コストは，紙おむつを製造するための原材料という意味ではなく，家庭の紙おむつの購入費用のことであり，処理コストについては社会的費用との区別がされていない。そこで，本論では，まず日本における現状とLCAの概要を示す。

図2 乳幼児用紙おむつの生産数量の推移



#### 3.1 紙おむつと布おむつの利用状況

現在のおむつの利用状況は，表3のとおりである。これは，育児に時間をかけることのできる母親の場合であるから，現実には紙おむつのみの比率は50%を超えている<sup>12)</sup>。また，母親のおむつの使用

理由は、紙おむつでは、時間の節約、洗濯がなく便利、手間の軽減、イライラの減少、子供との遊び時間の増加があげられ、布おむつでは、子供によい（肌にやさしい、おむつ離れ、手をかけてあげたいなど）、経済的である、ごみの問題などがあげられた。布おむつでの理由は、併用している場合の回答も含まれている。また、共働き世帯についてはアンケート調査を実施し、時間の節約のために紙おむつを利用する傾向の強いことが得られた。以上のことから、主な選択理由は、育児を担っている母親の時間や手間の節約、それによる子供とのふれ合いの時間をもつためであり、ついで経済的理由等で布おむつを併用し、ごみ問題や環境にやさしい生活といった意識は低いことがわかる。

表3 おむつの使い方<sup>11)</sup>

紙おむつのみ	42%
併用	51%
布おむつのみ	7%

### 3.2 おむつのLCA

おむつのライフサイクルの概要は、図3のようになる。本論では、まず生活レベルでの評価を行うことを目的として消費段階つまり家庭での利用についての評価を示す。すなわち、図3における点線部についての評価である。生活という面では、病院や乳児院、保育園などもありうるが、ここではこれらの施設でのおむつの利用や、おむつの宅配サービスについては取り扱わない。また、実際には、布おむつと紙おむつを併用している人が多いが、比較を容易にするために紙おむつまたは布おむつのみを利用しているものとする。さらに、計算の前提条件として、一般におむつ離れするまでの0才から2才までの2年間、乳幼児のおむつを取り替えるものとする。評価項目として、購入にともなう費用、再利用にともなう必要な資源と排出物およびそれに要する費用、使用後に廃棄するための費用と廃棄される物質とその量を取り上げる。

#### ①仕様と費用など

○布おむつ—50g/枚、1回の交換で2枚使用

おむつの購入：60枚×150円/枚=9000円

おむつカバー：20枚×2000円=40000円

洗剤：年間5040円<sup>13)</sup>×2年=10080円

洗濯に要する水量：127リットル/回×2年間毎日1回=93m<sup>3</sup>

210円/m<sup>3</sup>×93m<sup>3</sup>=19530円（下水道料金も含む）

洗濯に要する電力：400W×30分/回（標準洗い時間）×2年間毎日1回=146kWh

930円×24ヵ月+146kWh×21円/kWh=25387円

注；洗剤は全洗濯物に対するもの、水道料金は札幌市（札幌市は下水道料金も含んでいる）

洗濯機はH社全自動洗濯機の例、電気料金は北海道電力の例（基本料金も含む）

○紙おむつ—使用前42g/枚、使用后160g/枚、1回の交換で1枚使用

紙おむつの購入：55円/枚×7.4回/日<sup>12)</sup>×365日/年×2年=297110円

注；使用后重さは、2才、夜睡眠後の平均値、おむつの単価は、主要メーカー各社の平均値

#### ②廃棄物

○布おむつ—洗濯排水：BOD200ppm×93m<sup>3</sup>=18.6kg

○紙おむつ—固形廃棄物：160g/枚×7.4枚/日×365日/年×2年=864.32kg

注；生活排水の平均BODを200ppmとした<sup>10)</sup>

大便は両方ともトイレから流すものとする（大便のみのデータはない）

札幌市では、紙おむつは一般収集ごみ（燃やせるごみ）として無料収集

全費用で比較すると、布おむつは103997円、紙おむつは297110円となり、紙おむつの方が約2.9倍高いことがわかる。実際には、布おむつは過大に計算しているため、紙おむつの方が3倍以上の費用がかかっていることになる。廃棄物については、布おむつは基本的に生物分解性であるが、紙おむつはプラスチックと吸収されている尿ということになり、これが焼却処分されることになる。

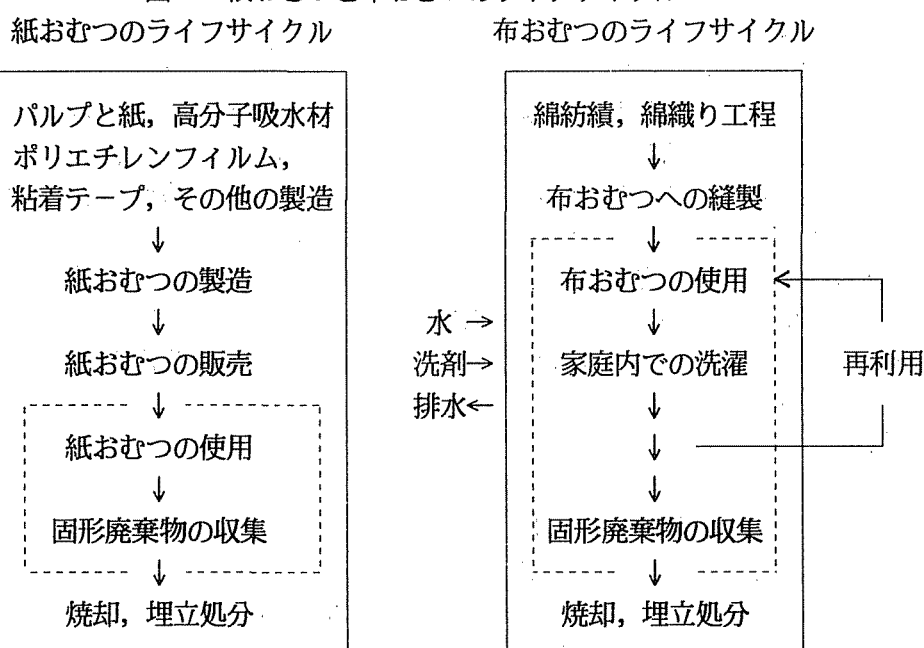
これらのことから、家庭での消費段階というせまい範囲についてはあるが、エネルギーや資源、

廃棄物量をあげ、可能なものについては費用という形で評価した。これだけでは充分とはいえないが、例えば、購入費用が高いにもかかわらず紙おむつを利用している理由について、母親の労働形態等を分析する必要があるなどの指針が得られる。

#### 4. おわりに

本論では、LCAの概念と問題点を整理し、おむつへの適用の一部を示した。今後、おむつへのLCAの考え方による評価等を示していきたい。最後に、有益な助言をいただいた北大医療技術短大川合育子先生とゼミの学生、ならびにアンケート調査に協力して下さった方々へ感謝いたします。

図3 紙おむつと布おむつのライフサイクル



#### 参考文献

- 1) Society of Environmental Toxicology & Chemistry: A Technical Framework for Life cycle Assessments, 1991
- 2) C. A. Pittinger: ライフサイクルアナリシスの概略とその応用, LCAシンポジウム, 1993
- 3) P. Hindle, A. G. Payne: Value-Impact Assessment, The Chemical Engineer, 28 March, 1991
- 4) 田中勝, 大迫政弘, 松澤裕: PLAの概念とその適用限界-廃棄物管理を視点とした考察-, 環境衛生工学研究, 第7巻第1号, 1993
- 5) P. Fink: Environmental Analysis of Packaged Products, PACKAGING THCHNOLOGY AND SCIENCE, VOL.4, pp99-108, 1991
- 6) 日本生活協同組合連合会: 容器包材の環境評価に関する中間報告, 1993年6月10日
- 7) 沖慶雄: 包装材料~エネルギー分析からLCAへ~, 2)と同じ
- 8) 国民生活白書, 平成4年版, p284
- 9) A. D. Little: Product Life Cycle Analysis Case Study: Disposable versus Reusable Diapers
- 10) 高月紘: 環境にやさしい暮らし-コスト比較試算-, 廃棄物学会誌, Vol.2, No.2, pp143-148, 1991
- 11) 跡部弥生, 菊池優子, 永久保静子: 乳児期におけるオムツの使用状況とその理由, 1992
- 12) わたしの赤ちゃん, 7月号, 主婦の友社, 1993
- 13) 家計調査年報, 平成4年, 総務庁統計局