

ライフサイクルアセスメントからみたガラス製品

東京大学国際・産学共同研究センター

安井 至

Glass Products Evaluated by means of Life Cycle Assessment

Itaru Yasui

Center for Collaborative Research, University of Tokyo

はじめに

ライフサイクルアセスメント (LCA) なる言葉も、最近ではかなり知名度が上がってきた。それは、ISO14000 と呼ばれる環境管理監査に関する国際規格の中にも LCA が含まれることによるものだろう。LCA に関する基本条項は ISO14040 として制定され、すでに JIS 化の方向で作業が進んでいる。本稿では、まず LCA を少々復習してから、ガラスの LCA を行うとどのようなことになるか、ひいては、環境問題という枠組みの中でガラスという材料のもつ特性とはどのようなものになるかについて、若干の議論を行いたい。

ライフサイクルアセスメントの概要とガラスの特性

製品の環境調和性を評価する合理的な手法の一つということがまずライフサイクルアセスメントの説明になるだろう。具体的には、インベントリー分析と呼ばれる作業が第一に行われ

る。すなわち、製品を作るのに必要な原材料の採取段階、製品の製造段階、使用/保守の段階、そして、廃棄/リサイクル段階と4つの段階に製品のライフサイクルを分け、それぞれの段階での、資源・エネルギーの入力、環境への放出を綿密に調べ、表の形で表現する作業である。この作業の結果を利用して、環境への負荷を1つあるいは限られた数の指標によって表現するインパクト分析、あるいは、製造システムの改良方法を検討するインブルーメント分析といったいくつかの分析法が、その後で使用される。

ガラスという材料を LCA 的に分析すると、一般にどのような結果になるだろうか。容器材料としてのガラスについては、概ね次のような結論がでることが知られている。

- (1) エネルギー多消費型材料であること。
- (2) 同じ体積の容器としては、重量が大きいこと。
- (3) 洗浄が容易であることを利用して、リターナブル容器として使えば、環境負荷が比較的低いこと。
- (4) 廃棄物としてのガラスは、土壌と同様のものだと考えてもよいこと。(もっとも鉛系ガラスのようにそうでない場合もある。)

LCA から見たガラスの有るべき姿

まず、エネルギー多消費型材料であることだが、図1は、生協連合会が数年前に出したデータで、ワンウェイガラスが、他の容器材料と比較すれば、エネルギー消費量が高いことが分かる。リターナブルにすれば、かなり低くなるが、我々がビール瓶についてLCAソフトを作って検討したところでは、20回使用しても、輸送や洗浄にエネルギーがかかるもので、二酸化炭素放出量の削減率は、1/20にはならず、約1/7にとどまる（図2参照）。

同じ体積の容器としては、重量が大きいことも事実である。ビール瓶について言えば、633 mlの容量を持つ空瓶1本の重量は長い間605 gであった。最近になって、軽量瓶が出現し、475 g程度になった。図2に見られるように、軽量化の効果は、まさに重量に比例して有効であることが分かる。軽量化されたとはいっても、アルミ缶であれば、500 mlのものが約25 gだから、材質による差は極めて大きい。もっとも、アルミ缶はそのまま運搬する訳にはいかず、ダンボールのカートンに入れる必要がある。この重量も問題であるし、また、ダンボー

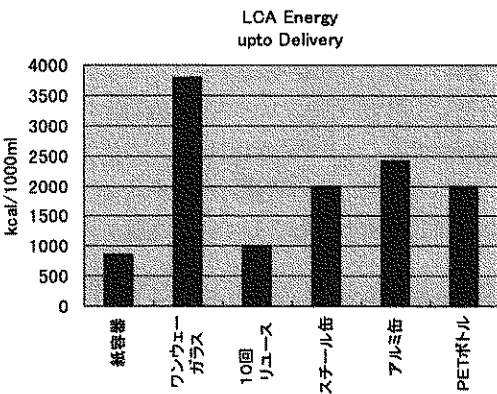


図1 容器のライフサイクルエネルギーの比較（流通過程まで）

ガラスは他エネルギー消費に比較して、消費エネルギーは高い。しかし、10回リユースすれば消費エネルギーは低くなる。

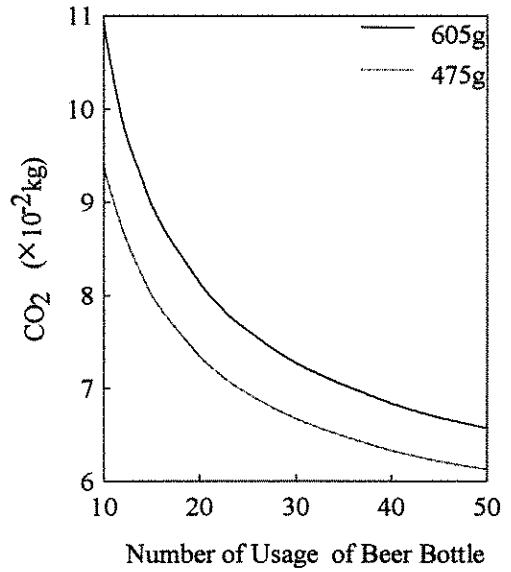


図2 リユースの回数による二酸化炭素発生量の変化
ワンウェイの場合には574 gである。
605 gは普通瓶、475 gは軽量瓶の場合。

ルそのものもライフサイクルアセスメントの中に勘定をしないでなければならない。現在、日本LCA研究会では、アルミ缶のLCAソフトを作っているが、リサイクルプロセスなどをどのように盛り込むかなどの問題があり、また、基礎的データも集まりにくいために、なかなか完成できないのが現状である。直接比較はしたがって現状ではできないが、重量だけを見れば10倍以上の差があり、中味を充填した状態でも、1.5から1.8倍程度の重さになってしまう。トラック輸送を考えたときには、重量だけが決定的な要素ではないが、一般に、重いものは環境負荷が高いということは事実である。

リターナブルによって、消費エネルギーが大幅に削減できることはすでに述べた。しかし、洗浄をすることによって、下水への負荷量が増えること、さらに、水不足などが起き易い関西以西では、リターナブル瓶を受け入れることは困難な情勢にもある。リターナブルのもう一つの優位さは、廃棄物になる量が決定的に減少す

ることである。現在、廃棄物の最終処分地が大きな問題となっており、廃棄物を減らす最良の方法が再利用である。他の容器材料では不可能なことが再利用であり、ガラス瓶の最大の特徴であると言える。しかし、リターナブルの瓶は、当然ながら需要が少ない。再利用回数を上げれば上げるほど、需要が減る構造になっている。ガラス瓶製造業という商売としてのうまみはなかなか出せないだろう。

現在我々が行っている LCA では、廃棄物の質までを議論することはまず無い。しかし、ライフサイクルアナリシスが目指すところは、現在の人間社会をいかにして持続可能型へと変貌させることができるかという点であり、それには、廃棄物の質がかなり重大な問題となる。廃棄物の質としては、地球の大地の組成との類似性で評価すべきものであると考えられ、まず、その最大の条件が酸化物であることである。ガラスを構成している酸化物は、大地の組成からアルミと鉄の酸化物を減らし、ナトリウム酸化物を足したようなものだから、大地に戻すには最適な組成であると言える。ガラス屋は、最終廃棄物をすべからくガラス化せよであるとの主張をすべきだろう。実際問題、焼却灰の減容化のために、熔融固化プロセスが導入されつつあるが、これは、そのような枠組みでの主張が認められつつあることを意味する。このようなシナリオにすることによって、ガラスが元々高エネルギー消費型であるという欠点が見えにくくなるからである。

ライフサイクルシナリオの重要性

LCA を実施する際に、どのような境界条件に基づいた解析を行うかを決めること、これがまず第一に行うべき知的作業であるとされている。すなわち、その製品をどのように作り、どのように使い、どのように廃棄するかを決めないと、言い換えればライフサイクルシナリオを決めないと、LCA を始めることができないの

である。それでは、どのようにシナリオを決めるのだろうか。どのようなものでも良いのだろうか。理屈の上では、どのようなシナリオを設定しようが、LCA を行うことは可能である。しかし、LCA を材料選択などの意志決定支援ツールとして使う場合には、社会的に容認されるようなシナリオをまず描く必要がある。

例えば、現在 PET ボトルが問題となっているが、何がもっとも問題なのかといえば、使用後の PET をどのように処理しリサイクルするかの場合がないままに、大量の PET ボトルが使われていることにある。本来、どのような製品であっても、ライフサイクルシナリオに対する社会的な合意が取れていることが、まず第一の必要条件であるはずなのである。

これまで、一般系の廃棄物については、どのようなものであろうと、地方自治体がなんとか処理してくれるという前提で、容器などが使われてきている。しかし、このような前提はもはや時代錯誤となってしまったのである。

平成7年に成立した「容器包装リサイクル法」が平成9年から実施されている。この法律は、わが国の包装容器に係わる最新かつ基本的な法律であるにもかかわらず、どうも妥協の産物にすぎず、理念が全く無いと言わざるを得ない代物である。しかし、このやや時代遅れの法律においても、すべての包装容器はリサイクルを前提として取り扱うべきであることになっている。

容器というものの性格上、できれば重量も体積もゼロであることが理想である。しかし、そのようなものは存在しえない。とすると、何が次に求められるかと言えば、地球への負荷（生態系や地域環境への負荷を含む）が低いことであり、それは LCA を適切に運用することによって、判定ができるだろう。

しかし、それだけでは不十分である。現在の商品のコスト負担の構造を見ると、消費者に渡る段階までのコストが商品のコストになっている。しかし、廃棄・リサイクル過程でもコスト

は掛かるが、このコストは、通常勘定に入っておらず、ものによっては社会的なコストによってその廃棄・リサイクル過程のコストが補填されている状態になっている。ペットボトルについて言えば、東京都の試算では、20円/本もの回収コストが掛かるとしており、このコストはすべて住民税によって支払われている。一方、ビール瓶のような優等生では、回収コストはすべて事業者が負担をしている。逆に言えば、そのコストは、消費者が払うコストに含まれていると考えられる。このように廃棄・リサイクル過程のコスト負担者が全く異なる状態で、正常な競争ができるかどうかとも言うのだろうか。

これを社会コストへのただ乗り問題と命名し、今後、環境評価項目の一つとして積極的に取り上げるべきであると考えている。

ライフサイクルアセスメントと製品の便益評価

このような特性の材料であるガラスは、今後どのような用途に使うべきであろうか。このような材料の市場性や有用性を考えるときに、LCAは実のところ余り有用な方法論ではないのである。厳密には、LCAは、その製品の環境負荷というネガティブな部分のみの評価を行う手法であって、どのような商品価値があるか、どのような機能を付与できるか、といった製品のポジティブな部分は評価できないからである。

といいながら、最近では、製品の設計段階に、環境負荷を考慮して実施することが行われるようになってきている。環境負荷が大きい材料は、最初から使わない、あるいはもしもどうしても使用する必要がある場合でも、なるべく量を減らすといった設計方針が採用されるようになってきている。そのための設計支援ツールの開発も盛んに行われている。このような動きが盛んになってはいるものの、LCAで得られた環境負荷データとその製品の便益の評価とをどの

ようなところで調和させるかといった困難な問題を抱えているのも事実なのである。

容器以外のガラスはどうなるか

板ガラスの場合のように、競合材料がない場合には、LCAによる検討が進んでいないのが現状である。ここでは、LCAを用いた検討対象となりそうな事柄についてのみ記述してみる。

(1) 板ガラスの場合

まず、熱線反射処理などを行うことによって、建物の冷房負荷などがどのように変化するかを検討してみることが面白いだろう。複層ガラスを用いさらに熱線反射処理を施すと、LCA解析の結果がどのようになるか、さらに興味がある。

板ガラスのリサイクルはどうだろう。瓶などとは違って、リユースは難しいとすると、カレットレベルでのリサイクルになって、余りメリットがでないのではないだろうか。勿論、廃棄物量を減少させるという意味のリサイクルとしては意味があるが、ガラスの場合、地球組成との適合性から言って廃棄物としての質的な問題点はないだろうから、まさに、廃棄物量だけの問題になり、全くのゼロエミッションを狙うのでなければ、余り有利とは言えないだろう。

むしろ、なんらかの工夫によって、リユースをすることは無理なのだろうか。中古ガラス市場などは、未来永劫できないものなのだろうか。

(2) CRT用ガラスの場合

このガラスは、他の汎用ガラスとは全く異なった考え方をすべきであろう。まず、鉛含有量から言っても廃棄物として無害とは主張しにくいこと、高価な元素を含むことによって、リサイクルのメリットがでる可能性があること、この2点である。LCA的な取り扱いをする場合、毒性物質の排出をどのように評価するか、その方法論が決まっている訳ではないが、リサイク

ルをかなり厳密に行うことによって、廃棄物を極限まで減少させることに意味が見出せそうな材料である。

ま と め

ガラスに限ったことではないが、基礎素材の LCA は遅れている。全くやっていないという訳ではないのだが、アSEMBル産業と異なって、LCA データを出すことが、直接的なメリットがないところが、不利な状況に追い込まれるという認識がいまだに存在しているようである。

しかしながら、LCA のような方法論を縦横に使いこなすことが、環境負荷低減のためだけではなく、企業戦略を組みたてる上でも必須の時代になったという認識を持つべきである。例えば、板ガラスのカレットレベルでのリサイクルがどのような意味を持つかといった解析にも LCA 的な手法とその結果の解釈は不可欠である。

年間 100 万トン以上の生産量があるもの、年間 100 万台以上の製造量のある機器に関しては、LCA 的なデータを中心に環境負荷低減を考えることが義務だと考えていただきたい。