

産業活動によって生じる地球環境インパクトの定量的評価法

—例として、ビールビンの LCA—

Environmental Evaluation of Global Impacts Caused by Industrial Activities

—LCA of Returnable Beer Bottle—

坂 村 博 康*・宇都野 太*・安 井 至*

Hiroyasu SAKAMURA, Futoshi UTSUNO and Itaru YASUI

1. はじめに

産業活動による環境負荷をより包括的に、より定量的に評価する方法の一つとして、LCA (Life Cycle Assessment, 製品のライフサイクルにわたる環境負荷評価) がここ数年の間に注目されだしてきた¹⁾。LCA とは、製品が原料採取から生産、使用され、環境中に廃棄されるまでの一連の過程に生じるインプット量 (資源の投入) とアウトプット量 (環境への排出) を分析して数値化し、製品の全生涯にわたって発生する環境負荷をできるだけ定量的に評価しようとする手法である²⁾。この手法を用いてリターナブル (再使用可能) ビールビンの総合的な環境影響評価を試みた。容量が633 ml のリターナブルビールビンは、大量に生産されること、他の比較可能な製品 (ワンウェイビンやアルミ缶など) が存在していること、使用後のビンガラスが再びビンの原料 (カレット) として使用されることなど LCA にとっては興味ある基本的な要素が含まれており、LCA の方法論を検討するには格好なモデルといえる。

2. LCA の 実 施 方 法

LCA を実施するには、まず実施範囲を設定し、インベントリー (データ収集・調査) を行わなければならない。インベントリーの範囲は原料の製造から廃棄までとし、図 1 に示したように、(1) 原料の製造、(2) ビールビンの製造、(3) ビールの充填、(4) 流通・使用、(5) 廃棄の 5 つのステージに分けてインベントリーを行った。廃棄ステージはまだデータが不十分であり、本論文では除いている。図 2 はリターナブルビールビンのインベントリーを行った範囲を示している。リターナブルビールビンの LCA において、(1) ガラス製造におけるカレット比率、(2) ソーダ

*東京大学生産技術研究所 第 4 部

表 1 LCA プログラムにおける 6 つの可変パラメーターの基準値

parameter	standard value	unit
Cullet Ratio in Glass Manufacturing	52.5	%
Transportation Distance for Cullet	88.5	km
Number of Usage of Bottle in the Average	20	times
Transportation Distance for Empty Bottles	80	km
Weight of Beer Bottle	605	g
Import Ratio for Soda Ash	25	%

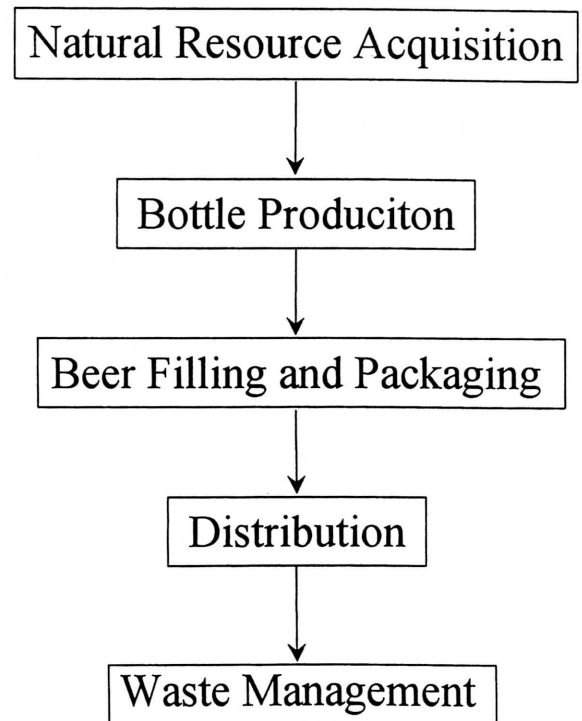


図 1 ビールビンのライフサイクルステージ

研究速報

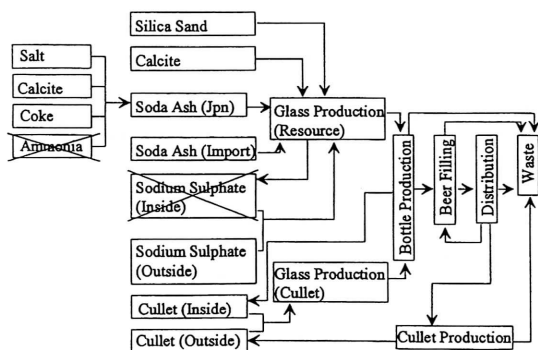


図2 ビール瓶のライフサイクルにおけるインベントリー範囲図

灰の輸入比率, (3) カレットの輸送距離, (4) ビンの再使用回数, (5) 空きビンの輸送距離, そして (6) ビンの重量は重要な項目である. したがって上記の6つの項目を可変のパラメーターとして導入したプログラムを作成し, 入力簡易化を試みた(表1参照). なお容量も重要な項目ではあるが, 可変とせず, 633 ml 一定とした. 結果として出力可能なことは, リターナブルビール瓶のライフサイクル全体にわたるインプット量とアウトプット量のデータが得られるだけでなく, 前述した5つの各ステージごとのインプット量とアウトプット量のデータも得られるようになってきている. プログラム言語は Microsoft Visual Basic version 2.0J を使用した. 以下に各ステージの内容について簡単に述べる(図1, 2参照).

2-1 原料製造ステージ

対象とする原料は, ケイ砂, 石灰石, ソーダ灰, ボウ硝, カレットとし, その他の原料については省略した. ソーダ灰は国産と輸入に分け, 国産ソーダはさらに遡ってその原料である食塩, コークス, 石灰石まで考慮した. したがって国産ソーダの原料である食塩, コークス, 石灰石の輸送はこのステージに含まれる. なおアンモニアは少量であるので, 省略した.

2-2 ビール瓶製造ステージ

ガラス原料中のカレット比率がパラメーターの一つとして使用されているため, ビンガラスはすべてが生原料によって製造された場合(生原料ガラス)と, すべてがカレットによって製造された場合(カレットガラス)とに分け, カレット比率によってそれらを加算する方法を取った. またカレットには使用後に再びガラス原料として使われる外部カレットと, ガラス製造工程で必ず生産される内部カレットがある. ガラス製造に用いられるカレット量につ

ては, 外部カレットと内部カレットを別々に算出し, 加算する方法を取った. カレットガラス製造で消費するエネルギーは, プラスチック処理協会の結果を参考に⁴⁾, 生原料ガラス製造で消費するエネルギーの3/4とした. また両者のエネルギー消費の関係は直線的に比例するとした. ボウ硝については, 工場内の脱硫装置によって得られる内部ボウ硝は割り振りなどが不明でありまた少量でもあるので省略し, 原料として入ってくる外部ボウ硝のみを対象とした.

2-3 ビール充填ステージ

再使用ビンの使用回数により, 新ビンと再使用ビンの比率は変化する. 新ビンの部分と再使用ビンの部分を別々に算出し, 加算する方法を取った. またビンは, 新ビン, 再使用ビンの区別なくカセイソーダで洗浄される. カセイソーダの使用量は新ビン, 再使用ビンとも同量とした.

2-4 流通・使用

プラスチック処理協会によるトラック, 船のデータをもとにして⁴⁾, 燃料消費とエミッションを算出した.

2-5 廃棄

現時点ではデータがまだ不十分であるので, 今回はこのステージについては考慮していない.

3. 結果と考察

6つの可変パラメーターの基準値として, 表1に示した値を採用した. これらの値を変えることによりさまざまな観点から検討が可能となるが, 今回は総エネルギーに対するビン再使用回数, 空きビン輸送距離, カレット輸送距離, カレット率, ビン重量について検討を試みた. 原料消費やエミッションおよびパラメーターの一つであるソーダ灰の輸入比率に関しては今回は除くことにした. なお消費した総エネルギー量と総二酸化炭素排出量はほぼ直線的比例関係にあることが確認された. 二酸化炭素はエネルギー消費だけからでなく, 原料の分解などからも排出するが, 両者が直線関係を示すことから, 便宜的に総二酸化炭素排出量を総エネルギーの代わりとして用いることにした.

3-1 総二酸化炭素排出量とビン再使用回数の関係

リターナブルビール瓶の再使用回数は環境に対して大きな影響を与える因子の一つであることが予想される. ビン重量またはカレット率を変えたときの総二酸化炭素とビン再使用回数の関係を調べてみた. カレット率が基準値の52.5%一定であるとき, ビン重量が605 g と, それより軽

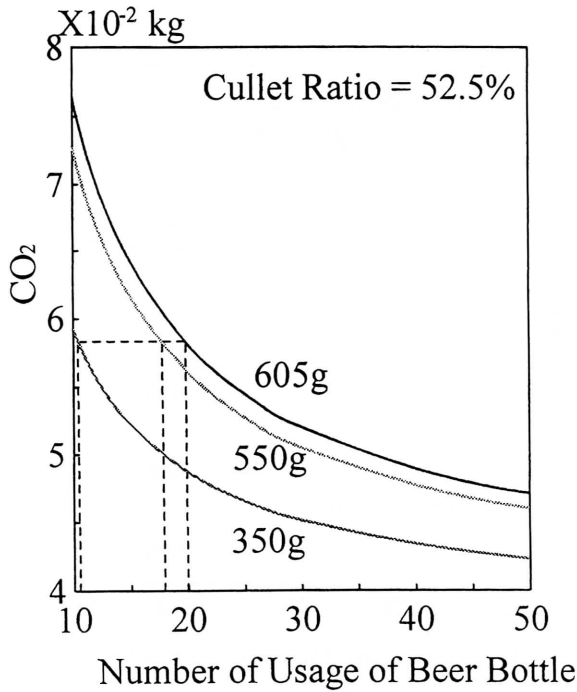


図3 ビン重量をパラメーターとしたときの総二酸化炭素排出量とビン再使用回数の関係 (カレット率は基準値一定)

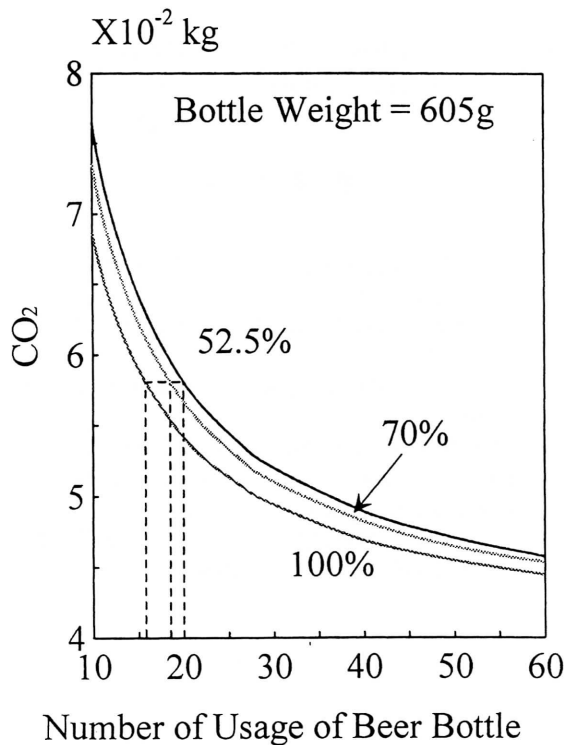


図4 カレット率をパラメーターとしたときの総二酸化炭素排出量とビン再使用回数の関係 (ビン重量は基準値一定)

い550 g および350 g のときの総二酸化炭素排出量とビン再使用回数の関係は図4のようになった。605 g のビンに20回使用したときの総二酸化炭素排出量は、550 g のビンに17.5回、あるいは350 g のビンに10.5回使用したときの総二酸化炭素排出量と同じであった。したがってエネルギー消費に対してはビンの重量が軽いほど有利となるが、逆にビンの寿命は軽いほど短くなることが予想される。エネルギー消費量を減らすためにはビンの重量を減らすとともに、ビンの強度を上げねばならないことが推察される。

次にビン重量が605 g 一定であるとき、カレット率が52.5%と、それより高い70%および100%のときの総二酸化炭素排出量とビン再使用回数の関係を調べてみた(図4参照)。カレット率が高くなるほど総二酸化炭素排出量も減少してくる。しかしカレットのみによるビン製造することは現実的に難しく、また製造しても規格をパスしたビンを連続的に生産することに困難が伴うであろうことが推測される。

以上の結果から、カレット率を高くすることおよびビン重量を減少させることはエネルギー消費に対して効果的方法であるが、ビンの再使用回数を増やすことも非常によい方法であることがわかる。たとえば、ビン重量605 g でカレット率52.5%の標準ビンに20回から1回多い21回使用しただけで、20回使用でカレット率を52.5%から63%に高めたことに相当し、また20回使用で605 g 重量ビンに580 g に減少させたことに相当する。

3-2 総二酸化炭素排出量と空きビン輸送距離及びカレット輸送距離の関係

リターナブルビールビンの空きビン輸送距離も環境に対して大きな影響を与えることが予想される。カレット率及びビン重量が基準値一定のとき、ビン再使用回数を変えたときの総二酸化炭素排出量と空きビン輸送距離の関係を調べてみた(図5参照)。距離0 km での二酸化炭素排出量は空きビン輸送以外から出てくる部分である。エネルギー消費でみると、ビン再使用回数が20回で160 km の距離を走行することは40回使用で320 km 走行したことに相当し、60回使用では390 km 走行したことに相当する。すなわち空きビン輸送距離が長くなるほどビンの再使用回数を増やさねばエネルギー的に不利となる。またビン重量およびカレット率が基準値一定のとき、ビン再使用回数を変えたときの総二酸化炭素排出量とカレット輸送距離の関係も調べてみた(図6参照)。カレット輸送距離が長くなっても二酸化炭素排出量はそれほど増加せず、空きビン輸送距離と異なる結果となった。このような傾向はビン再使用回数の代わりにカレット率やビン重量を変化させても同様であっ

研究速報

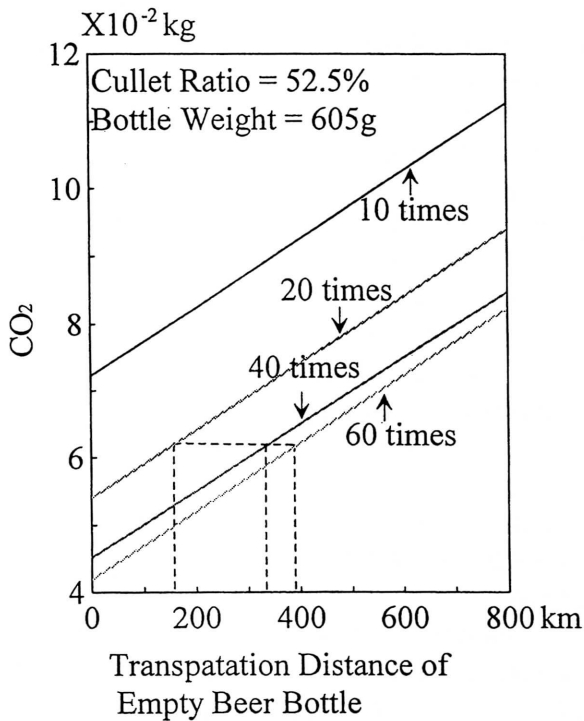


図5 ビン再使用回数をパラメーターとしたときの総二酸化炭素排出量と空きビン輸送距離の関係(カレット率とビン重量は基準値一定)

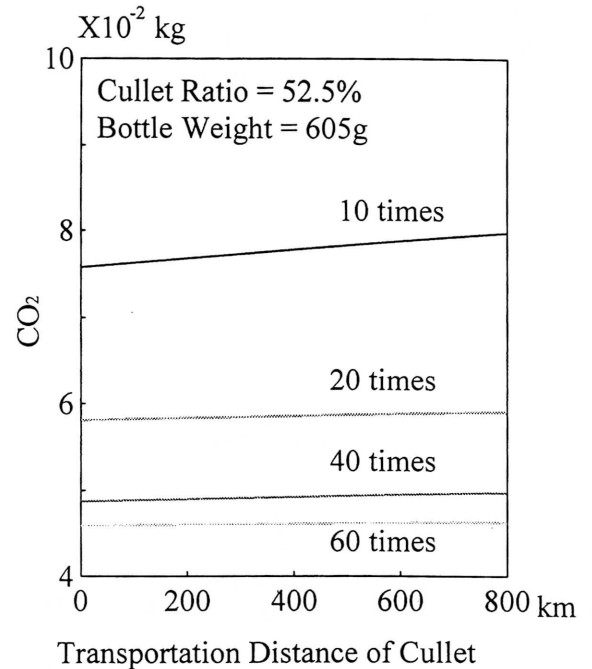


図6 ビン再使用回数をパラメーターとしたときの総二酸化炭素排出量とカレット輸送距離の関係(カレット率とビン重量は基準値一定)

た.

4. ま と め

リターナブルビールビンのLCAを行い、総二酸化炭素排出量、あるいはエネルギー消費量を減らすためには、ビンの強度を高めて再使用回数を増やすこと、およびビンの重量を減らすことが効果的方法であることがわかった。また空きビン輸送距離を短くすることもかなりの影響を及ぼすことがわかった。今回はエネルギー消費による環境評価を行ったが、別な観点(たとえばエミッションや原料消費など)から評価を行うことも可能である。このような試みが産業活動の環境改善の一助となれば幸いである。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、データ作成、有意義な御意

見などさまざまな御援助を頂いた日本LCA協会、特に森下研氏、大川隆司氏、松本巖氏に、心からの感謝の意を表します。
(1994年12月22日受理)

参 考 文 献

- 1) 例えば
森下 研; LCAの基本フレームと今後の課題, 産業と環境, 1993年10月号 p 38-41
沖 慶雄, NIKKEI MATERIALS & TECHNOLOGY, 93.7 p 63-69
- 2) 坂村博康, 宇都野太, 安井 至, 生産研究, 46, 320-326 (1994)
- 3) EPA (United State Environmental Protection Agency), Life-Cycle Assessment Inventory Guidelines and Principles, p 5 (1993)
- 4) プラスチック処理促進協会; プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書 (1993)