



유리병의 라이프 사이클 코스트(Life Cycle Cost)의 산출

Life cycle of glass bottle

테크니컬 센터 門 奈 哲 也 / 샷쵸로 맥주(주) 제조 본부 제조부

1. 서두

기업의 지구환경 보전에 대한 의식이 높아지고 있는 가운데, 물건을 만듦에 있어서 환경을 배려하기 위한 한 가지 수법으로써 라이프 사이클 어세스먼트(이하 LCA)를 이용하고 있다.

LCA는 환경영향도를 나타내는 한 가지 기준으로써 환경 대책을 진행해 나아가기 위한 중요한 도구이다. 하지만 실제로 기업이 환경을 고려한 경영을 하기 위해서는 환경 부하를 금액(코스트)으로 산출해서 알기 쉬운 척도로 표현할 필요가 있다.

본고에서는 이미 보고된 라이프 사이클 인벤토리(이하 LCI) 데이터를 이용해서 LCI 데이터로부터 얻어낸 전기나 증유 등 사용한 에너지 코스트나 폐기 시에 발생한 폐기 코스트를 더해 합친 것에 따라, 맥주용 유리병(큰 병)이 제조되고나서 폐기되기까지의 코스트 즉 라이프 사이클 코스트(이하 LCC)의 산출을 시도해 보았다.

2. LCC란

LCC란 취득 코스트와 운용(조업) 코스트 및 폐기 코스트의 합계이다. LCC에서 발생하는 코스트는 실제로 기업이 외부에 지불하는 것으로, 최종 제품의 코스트에 영향을 끼친다.

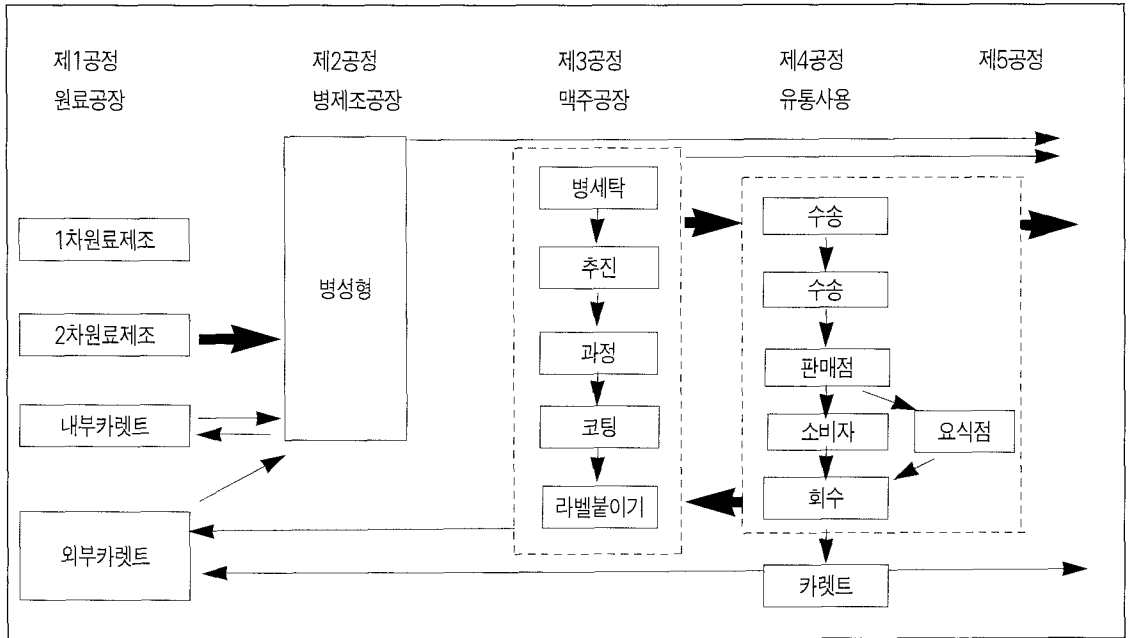
LCC는 최종적으로 사용자(소비자)가 모두 지불하는 코스트이다.

LCC의 최소화는 취득 코스트와 운용 코스트의 최적화를 도모하는 것, 즉 양자의 트레이드 오프(양자의 합계 금액이 최소가 되는 점)에 의해 달성할 수 있다.

설비나 자재 구입에 있어서는, 설사 처음 구입 가격이 싸다 해도 그 후에 수선비, 연료비, 인건비 등의 비용이 쓸데없이 많이 든다거나 내용년수가 짧아서 빨리 다시 사야 할 필요성이 생겨서야, 긴 안목으로 보아 결코 경제적이라고 할 수 없다.

세상에는 공짜보다 싼(긴 안목으로 봐서 경제적인) 것이 있다는 것을 잊어서는 안 된다.

[그림 1] 유리병의 Life Cycle



라이프 사이클 전체에 걸쳐서 경제적인 것을 선택할 필요가 있고, 이 수법을 일반적으로 LCC라고 한다.

유리병에 있어서는 취득 코스트로서 원료 및 용기의 제조 코스트를 들 수 있고, 조업 코스트로서 용기의 세정, 내용물의 충전, 수송 등이 있다.

최종적으로 유리병은 파손되거나 해서 사용할 수 없게 되면 폐기 또는 소재로서 재활용되고, 여기에 드는 코스트도 발생한다.

본고에서 사용하는 각 공정에서 발생하는 코스트는 기존에 보고된 LCI 분석에 의해 얻어진 데이터 중에서 비용을 산출하기 쉬운 폐기물량의 처리 비용 및 에너지 사용량을 코스트로 환산함으로써 산출하였다.

3. 유리병의 라이프 사이클 플로우 (Life Cycle Flow)

유리병의 라이프 사이클 플로우를 [그림 1]에 나타냈다. 유리병은 “원료제조 공정”에서 채굴된 원료에 대해 약 50%의 카레트를 사용해 “병제조 공정”에서 병이 제조된다.

다음으로 병이 맥주 공장으로 옮겨지면 “충전 공정”에서 우선 병을 씻고, 다음으로 맥주를 충전하여 왕관으로 타전(打栓)된 후 라벨이 붙여져 플라스틱 상자에 넣어져 출하된다.

다음으로 “유통, 사용 공정”에서 도매상 및 주류판매점 등을 경유해서 소비자 또는 음식점에 건네져 소비된다.

다 마신 후 빈 병은, 리터너블(Returnable:재



이용 가능) 병일 경우 맥주 공장으로 돌려보내
지고, 원웨이(한 번만 사용) 병은 카레트로서 회
수되는 것 외에 일부는 “폐기공정”에서 매립되
어 폐기 처리된다.

리터너블 병의 라이프 사이클은 제1공정과 제
2공정에서 병이 제조된 후, 제3공정과 제4공정
을 몇 번인가 회전한 후 사용할 수 없게 된 병이
카레트로서 제1 공정으로 돌아가고, 일부분은
제5공정으로 흘러가 폐기된다. 원웨이 병의 라
이프 사이클은 제1공정에서 제4공정까지를 1
번 거치고, 그 후 카레트로서 제1공정으로 돌아
가 일부분은 제5공정에서 폐기된다.

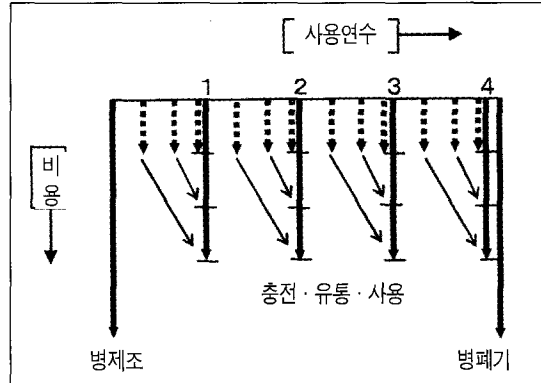
4. LCC의 모델

공장 등의 일반 설비에서는 취득 가격의 연평
균 코스트(이하 연가)는 사용 연수가 많을수록
투자한 비용이 분산하기 때문에 취득 가격의 연
평균 코스트가 내려가는 경향을 보인다. 또한
조업 코스트는 사용 연수가 많을수록 설비 보수
에 드는 코스트가 서서히 증가하기 때문에 매년
필요한 코스트는 상승하는 경향을 보인다. 병의
경우, 조업 코스트는 병의 사용 연수가 많을수
록 병이 데미지를 받고 있어, 본래는 사용 연수
에 비례해서 보수를 하는 게 좋다.

하지만 현실적으로는 병 개개의 사용 빈도를
기록하기가 어렵기 때문에 모든 병이 일정한 품
질을 갖고 있다는 전제하에서 병의 재이용 회수
에 상관없이 일정한 보수를 실시하고 있다.

병 보수의 일례로써, 병의 외면은 마찰된 상
처가 있다 해도 용기로서의 내구성은 실용상 문
제가 없지만, 미관상 문제가 있기 때문에 모든

[그림 2] 연간사용 (12회재사용)시의 비용



병의 외장에 실리콘제를 코팅하여 상처 부분을
때끔 눈에 띄지 않게 하고 있다.

병은 재이용 회수에 상관없이 일정한 보수를
하고 있기 때문에 조업 코스트가 매년 일정액씩
발생한다고 가정할 수 있다.

또한, 병은 취득 코스트 및 폐기 코스트가 각
각 한 번만 발생하기 때문에 취득 코스트와 폐기
코스트는 재이용 회수에 따라 분산되어 연평균
코스트는 재이용 회수가 증가하는 만큼 작아진
다. 따라서 병의 경제 수명은 제품의 기술적 내
용(耐用) 연수(병에 금이 생기거나 깨지기까지
의 연수)와 동일하다고 말할 수 있다.

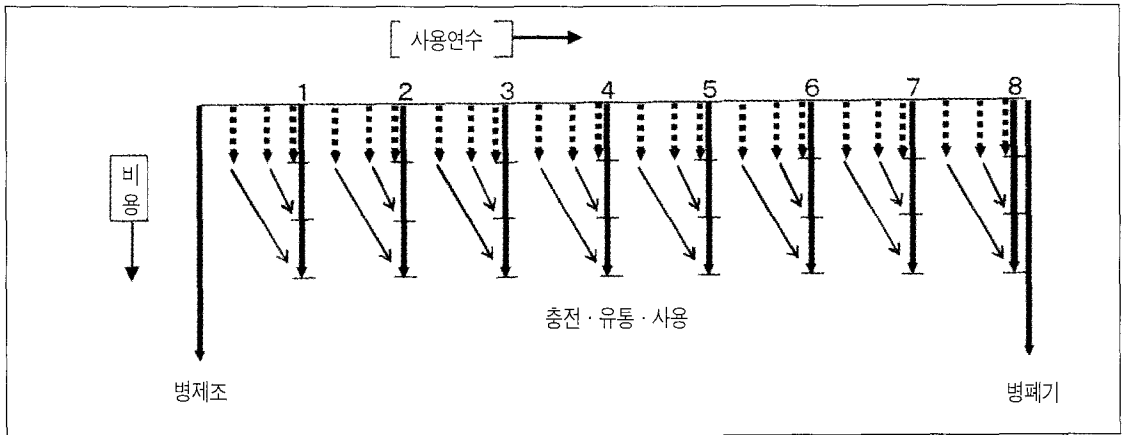
본고에서는 병이 재사용되는 회수를 1년에 3
회 사용으로 8년 동안 사용되어 합계 24회 사용
으로 계산하였다.

4-1. LCC의 일반식

현재, 취득 코스트 C0, 매 기말 조작 코스트가
E1, E2, …En인 제품을 생각해 보겠다.

그 제품을 n년 사용한 경우의 처분 코스트를
Ln으로 한다. 이 때의 코스트를 자본 금리(자본

[그림 3] 8년간사용 (24회재사용)시의 비용



코스트)이므로 해서 취득한 시점에서의 현재 가치로 나누어 빼면 식(1)을 이용해서 나타낼 수가 있다. 여기에서는 취득 시와 처분 시의 시간 요소는 무시하고 생각하겠다.

(1) 공식은 일본어로 된 원래의 원고를 보고 직접 넣어 주십시오.

이 때 취득한 시점의 현재 가치를 사용한 연수로 할당된 평균치의 가치(연가)를 식(2)를 이용해서 환산할 수 있다.

(2) 공식은 일본어로 된 원래의 원고를 보고 직접 넣어 주십시오.

식(2)를 사용해서 식(1)을 연가 $M(n)$ 으로서 나타내면 다음 식(3)과 같이 된다. 이것을 LCC(연가)의 일반식으로서 나타낼 수 있다.

(3) 공식은 일본어로 된 원래의 원고를 보고 직접 넣어 주십시오.

4-2 유리병의 LCC

식(3)은 매 기말의 조업 코스트가 변동할 경우의 것인데, 유리병은 조업 코스트가 일정하기

때문에 좀 더 간단한 식으로 나타낼 수 있다.

[그림 2]에 유리병을 1년 동안에 3회 재사용하여 4년 동안에 계 12회 재사용할 경우의 캐쉬 플로우(Cash Flow: 코스트의 흐름도)를 나타냈다.

세로 축은 코스트(비용)을 나타내는데, 이 경우는 지불만을 나타낸 것이기 때문에 모두 하향 캐쉬 플로우(즉, 비용)가 된다.

가로 축은 사용 연수를 나타냈다. a는 병 제조시에 발생하는 코스트(취득 코스트), b는 충전·유통·사용 시에 발생하는 코스트(조업 코스트), c는 병을 폐기할 때에 발생하는 코스트(폐기 코스트)이다.

병은 점선 화살표와 같이 한 해에 3회 재사용되지만, 계산을 간편하게 하기 위해서 개개의 코스트를 기말에 발생한 것으로 해서 재이용 3회분의 코스트를 기말에 합계해서 연가 b로 나타내 생각하겠다(이 때의 금리는 무시했다).

마찬가지로 8년 사용한 (24회 재사용) 경우에는 [그림 3]과 같이 나타낼 수 있다.



이 때, 폐기 시의 코스트를 사용한 연수로 할 당한 연평균 가치(연가)로 한 것에 대해 식(4)를 이용해서 환산할 수 있다.

(4) 공식은 일본어로 된 원래의 원고를 보고 직접 넣어 주십시오

(그림 2), (그림 3)의 캐쉬 플로우를 바탕으로 유리병의 코스트를 연가로 나타낸 것을 식(5)에 나타냈다.

a는 병 제조 시에 발생하는 코스트로서 이것을 식(2)를 사용해서 연가로 환산한다. b는 충전·유통·사용 시에 발생하는 코스트로서, 이미 연가가 되어 있다. c는 병을 폐기할 때에 발생하는 코스트로서, 식(4)를 사용해서 연가로

환산하겠다

(5) 공식은 일본어로 된 원래의 원고를 보고 직접 넣어 주십시오

식(5)는, 재사용할 리터너블 병의 모델식이다. 1번만으로 사용을 끝내는 원웨이 병의 모델은 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

코스트는 a, b, c의 비용 모두가 그대로 합계된다.

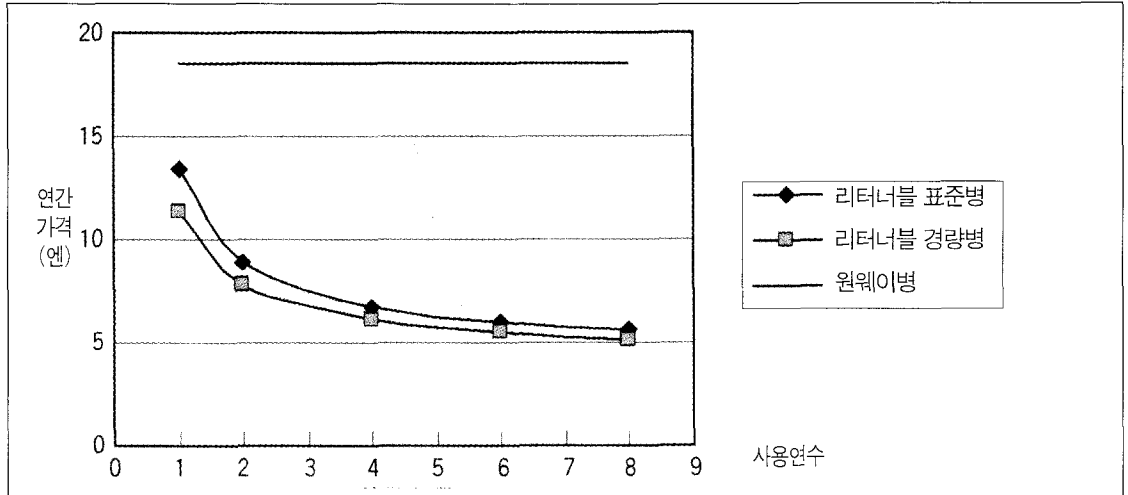
연가로서 바르게 나타내려면 1년에 3회 병이 필요로 한 때, 즉 1회 사용시의 코스트를 3배 한 것이 원웨이 병의 연가가 된다.

(6) 공식은 일본어로 된 원래의 원고를 보고 직접 넣어 주십시오

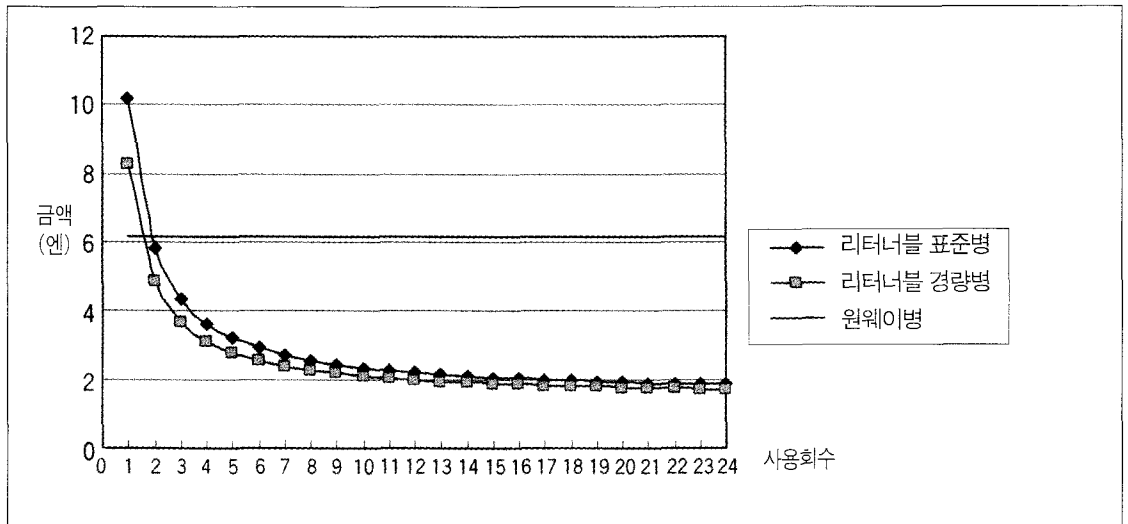
[표 1] 한번 사용시의 Cost Datea(1병당)

구 분		제1공정 원료제조	제2공정 병제조	제3공정 병제조	4공정 사용유통	5공정 병제조	합 계	단 가	비 용(엔)
배수 (l)	리터너블 표준병	3	0.4	2.45	0	0	5.85	345	2.02
	리터너블 경량병	2.4	0.4	2.45	0	0	5.25		1.81
	원웨이병	1.78	0.3	2.45	0	0	4.53		1.56
고형폐기물 (g)	리터너블 표준병	31	1	0.74	0	0	32.74	80	2.62
	리터너블 경량병	24.2	0.8	0.74	0	0	25.74		2.06
	원웨이병	17.44	0.57	0.74	0	0	18.75		1.50
전력 (wh)	리터너블 표준병	27.8	164.8	18.68	0.00	0.00	211.28	15	3.17
	리터너블 경량병	21.8	129.4	18.68	0.00	0.00	169.88		2.55
	원웨이병	15.69	92.68	18.68	0.00	0.00	127.05		1.91
경유 (ml)	리터너블 표준병	0.8	9.4	2.97	2.38	0.00	15.55	26.750	0.42
	리터너블 경량병	0.8	7.2	2.33	2.13	0.00	12.26		0.33
	원웨이병	0.48	5.27	1.67	1.87	0.01	9.3		0.25
중유 (g)	리터너블 표준병	3.6	82.4	0.00	0.00	0.00	86	19.625	1.69
	리터너블 경량병	2.8	64.8	0.00	0.00	0.00	67.6		1.33
	원웨이병	2.10	46.39	0.00	0.00	0.00	48.49		0.95
합계 (엔)	리터너블 표준병	4.02	4.56	1.26	0.06	0.00			9.91
	리터너블 경량병	3.16	3.61	1.25	0.06	0.00			8.07
	원웨이병	2.30	2.59	1.23	0.06	0.00			6.17

[그림 4] 사용 연수당 LCC



[그림 5] 사용 회수당 LCC



5. 유리병의 LCI 데이터

이번 LCA의 목적 및 대상은 기존에 보고된 LCI 데이터를 그대로 사용하였다. 내용은 다음과 같다.

5-1. 목적

유리병의 제조공정 및 회수 시스템을 동일하게 한 경우의 용량 633ml 맥주 병의 리터너블 표준 병, 리터너블 경량 병 및 원웨이 병의 환경 부하를 비교하였다.



① 리터너블 표준 병 : 현행 사용되고 있는 일반 맥주 병으로 마신 후 회수하여 재사용한다.

② 리터너블 경량 병 : 강화 유리를 이용함으로써 유리를 얇게 해서 경량화를 도모한 병

③ 원웨이 병 : 국내에서는 유통되고 있지 않지만 수출 등 회수가 곤란한 경우에 이용하는 재사용하지 않는 병

5-2. 대상

병은 용량 633ml인 큰 맥주 병으로 하고, 기능 단위는 병 한 개를 한 번 충전 사용한 때를 나타내는 것으로 한다.

또한 기존에 보고된 LCI 데이터는 용기 만을 대상으로 하고 있어 맥주의 내용물, 라벨, 왕관, 외부 곤포, 파렛트 등 외 제조 설비 비용 및 그것을 가동시키기 위한 에너지 등은 대상 외로 하였다.

5-3. LCI 데이터의 분석

유리 병 LCI 프로세스 트리클 (그림 1)에 나타냈다. 제1공정 “원료 제조”에서 제5공정 “폐기”까지의 흐름으로 되어 있어 유리병의 리터너블 용기로서의 회전은 제3공정 “충전”과 제4공정 “유통·사용”의 사이이다.

기존에 보고된 LCI 데이터는 각각 용기에 대해 배출 물자 및 사용 에너지를 산출한 것이다.

6. LCC의 산출

기존에 보고된 LCI 데이터를 이용하여 배출물의 처리 비용 및 에너지 비용을 이용해 금액 환산을 하고, 유리병의 LCC를 산출하였다. 단,

이산화탄소, NOx, SOx의 대기 폐기물은 현재 처리 비용이 들지 않기 때문에 제외하였다.

6-1. 코스트 환산

처리 비용은 2000년도의 평균적인 수치로 각각, 배수는 동경도의 일반 배수처리 비용 345엔/kI, 고품 폐기물은 민간 업자에게 태울 수 없는 쓰레기의 폐기를 의뢰한 경우의 처리 비용으로써 대략 80엔/kg, 전력은 동경 전력의 사업사용 전력 15엔/kWh, 경유와 중유는 일경신문의 거래상장에서 최대와 최소의 평균치로 각각 26,750엔/kI, 19,625엔/kI로 하였다.(이러한 환산 코스트는 전국 평균으로 하는 등 액수의 결정 방식을 검토할 여지가 있다)

기존에 보고된 LCI 데이터(20회 사용시의 환경 부하)를 바탕으로 병을 한 번 사용한 때의 코스트 데이터(1병 당으로 금리를 포함하고 있지 않다)를 [표 1]에 나타냈다. 기존에 보고된 LCI 데이터는 제1공정, 제2공정, 제5공정이 사용 회수의 20회로 분할되어 병 1개에 증가되고 있다고 생각할 수 있다.

따라서 [표 1]은 제1공정, 제2공정 및 제5공정을 20배 하였다. 표의 오른쪽에는 각 환경 부하의 코스트 합계를, 표 아래에는 각 용기의 공정별 합계를 나타냈다.

6-2. LCC의 산출

[표 1]의 코스트 데이터를 바탕으로, 리터너블 표준 병과 리터너블 경량 병은 식(5)를 이용하고, 원웨이 병은 식(6)을 이용하여 LCC를 산출하였다.

또한, 자본 코스트(금리)는 10%로 하였다.

LCC를 연가로 나타낸 것을 [그림 4]에, 사용 회수로 나타낸 것을 [그림 5]에 나타냈다.

[그림4]는 연 3회 사용을 기말(연말)에 합계한 연가로 LCC를 나타낸 것이다. 1년에는 리터너블 표준 병 13.4엔, 리터너블 경량 병 11.4엔, 원웨이 병 18.5엔, 8년에는 마찬가지로 5.6엔, 5.2엔, 18.5엔이었다. 원웨이 병은 당연히 연가는 일정액이다.

리터너블 병은 사용 연수가 증가할수록 연가가 내려간다. 각각의 용기를 해마다 3회 사용할 것을 전제로 연가로 비교한 경우, 원웨이 병보다도 리터너블 병의 LCC가 낮다.

제5공정의 폐기 코스트는 기존에 보고된 LCI 데이터에서는 미미한 것으로 코스트에는 전혀 아무런 영향이 없었다.

[그림 5]는 사용 회수마다 평균 코스트를 계산한 것이다.

한 회 사용에서는 리터너블 표준 병 10.2엔, 리터너블 경량 병 8.3엔, 원웨이 병 6.2엔, 24회 사용에서는 마찬가지로 1.8엔, 1.7엔, 6.2엔이었다. 원웨이 병은 사용 회수에 상관없이 일정액이다.

사용 회수가 1회에서는 원웨이 병보다도 리터너블 병 쪽이 코스트가 높다. 2회 사용에서 거의 동등해지고, 3회 사용에서는 리터너블 병 쪽이 코스트가 낮다.

7. 종합 정리

유리병은 재사용시의 조업 코스트(보수 코스트)가 사용 회수에 상관없이 일정하기 때문에 사용할 연수(회수)가 많을수록 LCC의 연가는

낮아짐을 알 수 있었다.

연가는 병을 사용함에 있어서 매년 지불 코스트의 평균을 나타내기 때문에 병의 재사용 회수만 알면 유리병에 지불할 환경 코스트를 산출할 수 있다.

기업은 사용 연수(회수)에 대한 LCC 코스트를 산출함으로써, 제품이 환경 때문에 실제로 지불하고 있는 코스트를 파악할 수 있다. 또한, 본고에서 나타내는 LCC는 기업 내의 이익을 포함하고 있지 않으므로(에너지 공급 회사나 처리 회사는 제외), 라이프 사이클 전체에 있어서 환경 코스트를 파악하기 쉬워, 일반 소비자가 제품 선택 시에 정보를 제공할 수 있는 것이 아닌가 하고 생각한다.

앞으로는 왕관, 라벨, 플라스틱 상자 등의 부대 비용을 포함한 코스트나 캔 용기 등의 LCC를 산출하고자 한다. 또한, 탄산 가스 등 직접 코스트가 발생하지 않는 배출물에 대해서는 탄산 가스 배출권 상장의 가격을 참고로 하는 등, 보다 환경 영향도를 반영할 수 있도록 할 생각이다. ㉒

신제품 및 업체 소개
월간 포장계 편집실
(02)835-9041

E-Mail :
kopac@chollian.net