LCA에서 본 재활용

LCA of Recycling

石川雅紀 / 동경수산대학 식품생산학과 교수

1. 재활용과 LCA

LCA에 있어서 재활용에 관한 문제는, 최초의 LCA 연구가 Coca-Cola사의 위탁에 의한 리유즈(Reuse) 바틀과 원웨이(Oneway) 바틀의 비교였던 점에서도 알 수 있듯이, LCA의 탄생 시기부터 현재에 이르기까지, 응용예로서 가장 중요한 문제이다.

재활용이 LCA 연구의 전형적인 대상이 되고 있는 이유는, LCA가 일정한 기능을 정의한 상태에서 환경 영향의 차이를 논하는 구조로 되어 있기 때문이다. 재활용, 특히 자원 회수를 목적으로 하는 머티리얼 리사이클(Material Recycle)에서는 소박하게 생각하면, 같은 소재(제품)을 얻을 수 있고, 기능이 같다고 생각할 수 있기 때문에 비교가 용이하다고 생각하기 쉽다.

물론, 실제로는 재생 소재(제품)의 질과 일차 소재(제품)의 질이 다른 것이 통상적이고, 재생 소재가 원 제품을 제조하기 위해 모두 사용되고 있는 예는 거의 없다. 또한, 엄밀하게 말해서, 재생 소재(제품)와 일차 소재(제품)가 같은 기능을 갖고 있어 완전하게 대체 가능한 경우도 거의 없다. 특히, 일단 소비자의 손에 건네진 후의 제품일 경우, 불순물이 섞이는 것을 피할 수 없기 때문에, 재생 소재(제품)는 일차 소재(제품)와 비교해 볼 때 품질이 떨어진다.

또한, 플라스틱의 경우에는 폴리머(Polymer)로서의 머티리얼 리사이클(Material Recycle) 외에 모노머(Monomer) 환원, 유화, 용광로 환원제 이용, 에너지 회수 등 선택의 폭이 다양해, 단순한 비교는 곤란하다. 이 때문에, 지금까지의 LCA 연구에서는 연구의 목적, 소재의 성질에 따라 다양한 방법이 제안되어 왔다.

음료 용기를 둘러싼 정치적 과제로서 종종 원웨이 용기의 규제나, 강제 보증금 제도의 문제가 나오고 있다. 이것은 원웨이 용기로 상징되는 대량 소비형 라이프 스타일에 대한 환경파들의 비판에 근거하고 있어, 많은 나라에서 논의의 대상이 되어 왔다. 문제가 환경 영향이기 때문에 평가 수법으로서 LCA가 이용되는 경우가 많아, LCA에 대한 기대와 불만의 대부분은 음료 용기의 LCA 평가 문제에 드러나고 있다.

내용물을 갈아 넣어 재사용할 수 있는 리필러블(Refillable) 바틀은 원웨이 바틀에 비해 튼튼해야 할 필요가 있기 때문에, 중량이 무거워져 제조 시의 환경 부하가 커진다. 하지만 회수율이 높아지면 높아질수록 한 번 사용할 때마다 제조 시의 환경 부하는 작아질 것이다. 따라서 재사용 회수 혹은 회수율에는 일정한 임계치(臨界値)가 있어 그 값 이하로는 원웨이 바틀 시스템이 유리하고, 임계치를 넘으면 리필러블 시스템이 유리해진다. 문제는 임계회수율이 실현 가능한 값인지, 또는 임계회수율에 커다란 영향을 끼치는 인자는 무엇인지 하는 것이다.

2. LCA 재활용 평가에 대한 적용예

LCA가 재활용을 포함한 시스템의 선택에 실제로 이용된 가장 유명한 예는, 스위스의 생활협회 조합인 미그로(Migros)의 우유 용기 필로 포장이다. 미그로는 리필러블 유리병, 종이 팩, 폴리에틸렌 필로 포장의 LCA를 실시하여 필로 포장의 환경 부하를 가장 낮게 하여, 우유 용기로서 필로 팩을 채용하고 있다. 사용시에는 다른 용기에 갈아 넣어 사용한다. 이 결과는 한 마디로 말해서, 용기의 중량이 가볍기 때문에 가능했던 것으로, 플라스틱의 용도를 특정화하지 않는다는 의미에서, 소재로서 일반적으로 금속이나 종이에 비해 뛰어나다고 말하고 있는 것은 아니다.

한편, 재활용 시스템의 설계 면에서 보면, 독일의 DSD, 프랑스의 에코앙바라쥬, 스위스의 PRS 등 전세계적으로 다양한 용기포장 재활용 시스템이 구축되어 있다. 일본에서도 소위 용기포장 재활용법이 시행되고는 있으나, 유럽 국가들의 재활용 시스템에서는 LCA 연구가 많이 진척되어 재활용 수법의 선택 · 사후 평가에 있어서 LCA 연구의 일부가 이미 실시되고 있다.

저자가 참가한 플라스틱 재활용 시스템의 비교 LCA 연구에서는, 전 항에서 서술한 바와 같이 에너지 자원 고갈과 지구 온난화에 대응하는 화석 연료 소비와 이산환타소 발생량, NOx, SOx로 한정되어 있었으나, 어느 항목을 다루던지 폴리머 대체 재활용(머티리얼+석유화력발전+석유정제)이 가장 환경면에서의 평가가 좋았다. 물론 이것이 가능한 플라스틱 제품은 극히 한정되어 있고, 타 소재 대체 재활용은 비교하지 않았다는 점에 주의할 필요가 있다.

독일의 연구에서는 폴리머 대체 재활용, 타소재 대체 재활용 이외의 재활용 수법을 비교하고 있다. 결론적으로, 에너지 자원 고갈에서는 용광로 투입, 열분해 유화, 유동상(流動床) 연소, 수소첨가 유화의 순서로 좋고, 이들간의 차이는 2할 정도이다.

지구 온난화 효과는 용광로 투입, 유동상 연소, 열분해 유화, 수소첨가 유화의 순이었다. 다른 시스템에서는 고정상(固定床) 가스(Gas)화, 유동상 가스화, 폐기물 소각은 앞서 서술한 시스템에 비해 에너지 자원 고갈, 지구온난화와 함께 환경면에서는 바람직하지 못한 결과가 나오고 있다.

3. 음료용기의 LCA 평가

최근 독일, 덴마크 등에서는 음료 용기의 규제가 LCA를 기초로 하여 논의되고 있어, 그 기초가 될만한 보고서도 발표되고 있다. 여기에서는 이러한 보고서 개요를 소개하겠다.

3-1. 독일의 연구

독일 연방환경성이 주도한 연구 문헌이 있다. 이 보고서는 2000년 8월에 발행되었고, 실제 조사는 용기 포장 및 환경 관계의 전문 씽크 탱크(Think Tank)에 위탁하여 실행되었다. 조사에 참가한 곳은 Prognos GmbH, IFEU-Institut, GVM, Pack Force 등이다.

조사의 목적은 음료 용기 포장 시스템의 환경면 비교 평가이다. 연구의 배경으로는, 맥주와 우유에 관한 조사는 1995년에 실시하였으나, 청량음료와 와인에 관한 조사가 필요하다는 점과, 정부가 LCA를 정책 형성에 유효하다고 판단한 점을 들 수 있다.

조사연구 체제로서는 관계 단체의 대표가 들어가 있는 프로젝트 위원회와 씽크 탱크 연구원들로 구성된 실시 위원회와 크리티컬 리뷰 위원회를 두고, 조사연구 실시 기간중에 중간결과 보고와 거기에 대한 의견 집약을 실시하고 있다. 연구는 두 단계로 나눠져 있어, 첫 번째 단계는 현황 분석으로써 보고서가 발행되고 있다. 두 번째 단계는 장래 예측이다.

대상 음료 용기 시스템으로는, 음료는 미네랄 워터, 탄산이 들어간 청량음료, 와인, 용기 포장 시스템은 원웨이와 재이용,

용기 소재는 유리, PET, 금속, 종이 등이다.

연구 실시 당시 발행되었던 ISO 14040 시리즈에 기초한 수속으로 연구되고, 영향 평가에서는 독일 연방환경성의 도움을 받아 평가하고 있다. 결과는 다음과 같다.

- 미네랄 워터와 탄산이 들어간 청량음료수는, 재이용 PET 바틀 시스템이 재이용 유리보다 좋다.
- 미네랄 워터, 탄산 청량음료수와 와인은, 재이용 유리와 종이 카톤의 우열을 가릴 수 없다.
- 탄산이 들어간 청량음료에서는 원웨이 유리병, 스틸 캔, 알루미늄 캔이 비교한 재이용 시스템보다 명확하게 열등하다.
- 검토한 시스템의 환경 영향은 독일 전체 환경영향의 0.1% 정도의 오더이다.

이 결과에 기초해서 독일 연방환경성은 아래와 같은 권고를 시행하고 있다.

- 음료의 배송은 큰 영향이 있다. 포장 내용물까지 대상으로 함에 따라 배송은 재이용 시스템 뿐만 아니라 원웨이에서도 중요하다는 것을 예측할 수 있다. 음료 용기에 관한 장래 환경 정책에서는 배송에 따라 주의를 쏟아야만 한다.
- 제2기 조사 연구에서는, 내용물도 평가에 포함시켜야만 한다.

3-2. 덴마크의 연구

덴마크에서도 음료 용기 시스템은 큰 정치적 과제이다. 데마크 정부는 국내에서 알루미늄캔의 사용을 금지하고 있어, 유리병 재이용 시스템을 권장하고 있으나, 이것이 부당한 무역 장벽이라고 다른 EU 국가들로부터 제소당하였으며 국내에서도 유통업을 중심으로 재활용을 전제로 한 원웨이 용기의 해금을 요구하는 노력이 있었다.

이 때문에, 덴마크 환경성은 Chalmers Industriteknik(CIT)와 Institute for Product Development(IPU)에 음료 용기에 관한 조사 연구를 위탁하였다. 보고서는 1998년에 발행되었다.

목적은 맥주와 청량음료의 환경 영향 평가이고, 배경은 앞서 서술한 알루미늄 캔의 금지령

〔표 1〕 덴마크에서 충전 판매되는 음료(330ml)의 환경면 순위

환경영향		웬웨이유리	알루미늄캔	스틸캔
지구온난화	1~2	2~4	1~3	3~4
광화학스모그	1~2	2~4	1~3	3~4
산성화	1~2	3~2	1~2	3~4
부영양화	1~2	3~2	1~2	3~4

〔표 2〕 덴마크에서 충전 판매되는 음료(500ml)의 환경면 순위

환경영향		웬웨이유리	알루미늄캔	스틸캔
지구온난화	1	2~4	2~3	3~4
광화학스모그	1~3	4	1~2	2~3
산성화	1~2	4	1~2	3
부영양화	1~2	2~4	1~3	3~4

문제와, 1992년부터 1996년에 걸쳐 시행된 같은 조사 연구의 개정에 있다.

대상 음료는 맥주와 탄산이 들어간 청량음료이고, 용기 포장 시스템으로서는 330ml와 500ml의 재이용 유리병, 원웨이 유리병, 알루미늄캔, 스틸캔, 재이용과 원웨이 PET 바틀이다.

조사 연구 결과에 큰 영향을 미치는 전제 조건으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

● 용기 선택에 의해 소비자의 행동이 영향을 받지는 않는다.

● 회수를 전제로 한다. 재이용 유리병(98.5%), 원웨이 용기(90%)

● 발전 시스템의 장기 마지널(Marginal) 기술은 석탄 화력발전으로 한다.

● 알루미늄캔은 캔으로 재활용된다. 스틸캔과 유리 카렛트는 버려진(Virgin) 자원으로부터 제조되고 있는 다른 제품에 이용된다. PET 바틀은 50%가 버진 자원을 대체하고, 나머지 50%는 다른 제품으로부터 회수되고 있는 재생 PET 수지를 대체한다. 이 경우, 대체된 다른 제품으로부터 나온 재생 PET는 소각되던가 매립된다.

결과는 〔표 1〕, 〔표 2〕에 나와 있다. 이 결과를 보면, 유리, PET 모두 재이용 시스템 쪽이 원웨이 용기를 재활용하는 것보다도 환경면에서는 바람직하다는 점, 알루미늄캔은 스틸 캔보다도 환경면에서 바람직하다는 점, 알루미늄캔과 유리, PET 재이용 시스템에 비해 약간 열등하다는 점을 알 수 있다. 이 후 덴마크 정부는 재이용 플라스틱 용기(PEN)를 인가하였다. 이 연구 내용에 관해서는 저자가 달리 쓰고 있으므로 그쪽을 참조해 주기를 바라나, 가장 중요한 점만 기술하면 아래와 같다.

● 용기 시스템의 선택에 따라 가동율이 변화한다고 생각하고 있는 발전 시스템이 석탄 화력발전이라는 점

● 스틸캔의 뚜껑인 알루미늄이 스틸캔의 재활용 시 유효하게 이용되고 있지 않다고 생각하고 있는 점

● 재생 PET 수지의 시장 규모에 한계가 있다고 생각하고 있는 점

4. 종합 정리

유럽에서는 용기 포장의 환경 규제가 LCA에 기초를 두고 논의되고 있다. 독일, 덴마크에서는 정부에 의한 음료 용기의 환경 영향 평가 연구가 공개되어, 이것에 기초한 규제가 시행되고 있다. 이같은 규제, 이용되고 있는 LCA 수법 또는 LCA를 이같은 목적으로 이용하는 것에 대한 논의도 이루어지고 있으나, 현재 실시되고 있는 LCA를 갖고도 논의의 초점을 좁혀간다는 의미에서 유효하게 활용되고 있다. kol