

음료 포장용기의 환경성 평가

서용칠 · 정재춘* · 심상걸 · 권동명

연세대학교 산업환경학과

*연세대학교 환경과학과

Environmental Impact Assessment of Beverage Containers

Yong-Chil Seo, Jae-Chun Chung*, Sang-Guel Shim, Dong-Myung Kwon

Department of Industrial Environment and Health, Yonsei University, Wonju, Korea

*Department of Environmental Science, Yonsei University, Wonju, Korea

Abstract : Energy required, air emission, and solid waste generation are calculated with available foreign data and domestic status using Life Cycle Analysis in order to compare the environmental impact of beverage containers such as PET bottle, aluminum can, glass bottle, and paper pack.

Glass bottles are found to be the worst acceptability when considering only recycling rate of glass cullet, however it become the best when the refill(reuse) rate of glass bottles is accounted into.

To assess the current and future environmental impact of beverage containers, energy required, air emission, solid waste generation of current data and recycling goals are compared. As a result of the study, recycling of each container and the reuse of glass bottles must be increased by governmental enforcement to reduce the environmental impacts by beverage containers. Further study on this subject using detailed LCA(life cycle assessment) data should be implemented for the exact environmental and economic assessment.

1. 서 론

산업의 발전에 따른 환경오염, 이 중 폐기물의 환경에 대한 영향의 심각성은 우리나라뿐만 아니라 지구적인 문제로 대두되어 있으며 이의 효율적인 관리가 시급하다. 폐기물의 관리 원칙은 우선 발생의 최소화(minimization), 재활용 및 회수의 극대화(recycling and recovery), 처리(treatment), 최종처분(final disposal)의 4단계로 구분할 수 있으며 폐기물의 효율적 관리를 위해서는 발생의 최소화, 재활용 및 회수의 극대화가 우선되어야 한다[1]. 기존의 단순 매립에 의존하던 우리나라의 경우에도 이와 같은 관리 원칙과 선진국의 폐기물 정책과 비교할 때 폐기물 관리의 일대 혁신이 있어야 하며 이의 시행이 시작되고 있다고 본다. 이러한 폐기물의 관리에 있어서 현재 폐기물 발생량의 감소와 재활용 및 회수의 극

대화가 중요함을 인식하고 있으면서도 산업구조와 국민생활과 유통과정의 편리성 등에 따라 1회용 용기의 사용이 확대되고 폐기물 발생량의 감소에 역영향을 끼치고 있음을 볼 수 있으며 특히 1회용 플라스틱 용기의 사용증가로 도시 쓰레기의 밀도가 떨어지는 추세이다. 즉 부피가 증가됨에 따라 운반비용 증가와 매립지 사용 가능 년한의 단축이라는 큰 문제점을 야기시키고 있다. 또한 매립시 플라스틱의 함유한계는 6% 이하인데 플라스틱 1회용 용기의 사용 증가는 매립 후 공동이 생겨 그 하중을 받을 수 없게끔 되어 있다. 이 문제점의 해결 방법으로는 압축 및 파쇄를 들 수 있는데 이 경우 폐기물 처리 비용의 2중 지출이 불가피하며 압축 파쇄 처리후에서 플라스틱의 난분해성으로 안정화하는데 긴 기간이 소요된다.

Table 1. Domestic glass bottle production and sales (unit : tons, million won)

1991		1992		1993		1994	
production	sales	production	sales	production	sales	production	sales
770,887	745,043	751,129	722,536	687,464	668,741	863,957	880,227

(Source : Korean Glass Industry Association)

1회용 용기가 갖고 있는 여러 가지 문제점에도 불구하고 우리 나라에서 계속적으로 1회용 용기의 사용이 증가하고 있는 것은 제품을 소비한 후 용기를 수거하는 절차가 생산에서 소비자에게 이르는 유통구조에 절차에 비하여 복잡하고 미흡하기 때문이다. 따라서 각 기업들은 손쉽게 만들 수 있는 1회용 용기를 생산하게 되었으며 이에 따른 경비는 소비자의 몫이 되었다.

1회용 용기의 장점은 단지 소비자의 편리성 선호와 유통과정이 단순하다는 것과 위생적 측면을 들 수 있으나 이러한 요소와 폐기시의 문제점 등 환경적 측면과 재활용 실시에 따른 경제적 측면의 비교 평가를 통한 실리 규명이 필요한 실정이다. 국내에서 이미 이러한 국민적 공감대는 형성되어 있으나 이에 대한 과학적이고 구체적인 연구조사는 극히 미흡한 실정이다. 우리나라 용기의 재사용횟수는 맥주병 13회, 청량음료병 7회로 선진외국의 예(맥주병: 60회, 청량음료병: 35회)에 비하여 상당한 차이를 보이고 있으며 용기재질과 관리가 잘 이루어진다면 재사용 용기의 사용확대 가능성은 크다고 할 수 있다[2].

1회용 용기에 의한 일방통행 구조의 형태보다는 이제는 단계적인 재활용 용기를 통한 순환형 구조의 흐름이 절실하다[3]. 또한 선진국의 폐기물 관리 정책도 환경적인 영향을 고려하여 1회용 용기의 재활용 용기로의 전환이 적극적으로 유도되고 제도 및 규제 강화가 이미 실시되어 오고 있다. 따라서 우리나라에서도 이러한 1회용 용기와 재활용성 용기의 두 종류의 포장용기류에 대하여 피상적으로 알려져 있는 환경에의 영향성과 경제성이 기술적인 방법으로 평가되어야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 국내 음료포장용기의 사용실태 조사 및 에너지요구량, 대기방출량, 폐기물발생량 조사를 통하여 포장용기류의 환경성을 평가분석하여 1회용 용기의 사용억제 추진을 위한 근거자료를 제공

하고자 한다.

2. 음료 포장용기의 사용현황

음료포장용기의 종류를 대별하면 크게 유리병류, 캔류, 플라스틱 병류, 종이팩 등으로 구분할 수 있다. 우리나라에서 이제까지 사용된 포장용기로는 유리병이 주종을 이루어 왔으나 근래에 와서는 금속 캔류와 플라스틱 병, 종이팩 등의 이용율이 크게 신장되고 있다[4].

포장용기류는 음료와 주류, 식품용기에 사용되어 운반 및 보관이 편리하나, 이들 용기류가 사용된 후 적절히 처분되지 않으면 부피가 크고 난분해성의 폐기물이 되어 갖가지 환경문제를 일으키게 된다. 특히 포장용기류는 매립지로 갈 경우 매립지의 공간을 상당량 차지하게 되어 귀중한 매립지의 수명을 크게 단축시키게 된다[5].

(1) 유리병류

Table 1에 유리병의 종류별로 생산량과 판매량을 보였다[6]. '91년도에서 '93년까지는 생산량과 판매량이 모두 감소 추세를 보이다가 '94년에는 다시 증가 추세를 보이고 있다. 이러한 유리병류는 대부분 수명 주기가 짧으므로 판매된 양은 2~3개월 후면 대부분 폐기물이 된다고 볼 수 있다. 이 가운데에서 맥주병과 소주병 및 청량음료 병은 재충전하여 재이용할 수 있는 병(refillable bottle)으로서 공병 보증금제 대상 용기이다. Table 2에는 폐유리(파유리로 계산) 유리병의 재활용율을 보였다[6]. 이는 파유리의 재활용율로 재사용병의 회수율(refill)을 고려하면 약 80%정도의 재활용율을 보인다. Table 2에서 볼 수 있듯이 유리병의 재활용율이 '94년 45.8%에서 쓰레기 종량제가 실시된 '95년도에는 56.6%로 크게 증가했음을 알 수 있다. 이러한 재활용율은 화장품병 등

Table 2. Recycling rate of glass(unit : thousand ton)

	1992	1993	1994	1995
Quantity of consumed glass	733	701	921	788
Quantity of recycled glass	314	304	422	446
Recycling rate(%)	42.8	43.8	45.8	56.5(80*)

(Source : Korean Glass Industry Association)

* : Recycling and Refill considered

잡병류를 포함한 것이다.

병의 종류별로 보면 1992년의 경우 맥주병의 회수율이 96.2%, 소주병이 87.6%, 청주병이 76.2%를 차지하고 있으며 전체적인 회수율은 92.7%를 나타내고 있다. 따라서 병의 경우에는 회수율에 따른 재이용(refill)횟수가 타용기와 비교할때 매우 중요한 변수가 된다. 또 앞에서 파유리사용량으로 본 재활용율은 재활용율이므로 이 두 가지가 모두 고려되어야 할 것이다.

(2) 캔류

우리나라에서 캔류의 사용은 1910년에 통조림용 캔을 시작으로 1980년대 이후에는 청량음료용 캔, 맥주캔, 에어졸관 등 그 용도가 크게 다양화되었다. 현재 캔류는 음료용 캔, 탄산음료용 캔, 통조림 캔, 에어졸 캔, 미술안료용 캔, 페인트용 캔, 식용유 캔 등 다양하게 제조되고 있다[7].

캔류를 재질별로 분류하면 크게 알루미늄 캔과 철헤로 구분된다. 1994년도 통계를 보면 알루미늄 캔이 약 11억 8천 2백만개(22,187톤), 스틸캔이 약 43억 3천 3백만개(416,399톤)으로 총 55억 1천 6백만개(438,586톤)가 판매되었다[8].

알루미늄캔의 연평균 증가율('90~'93)은 7.7%로 높은 성장세를 보인 반면에 스틸캔의 연평균 성장률('90~'93)은 4.3%에 그쳤다. 그러나 1994년의 경우 알루미늄캔은 100%(무계기준) 이상의 증가율을, 스틸캔도 84%(무계기준)의 증가율을 나타내었다. 이들 캔은 대부분 1회용이므로 생산량에 대한 폐기물 발생량의 비가 상대적으로 크다[9].

(3) PET병류

PET병은 다른 용기에 비해 가볍고 투명하며 내구성이 있기 때문에 최근에 청량음료 및 식품용기로써 그 사용이 크게 신장되고 있다. 이 용기는 1977년 미국에서 처음으로 선보인 것인데, 우리나라에서는 1980년대 중반에 도입되어 1993년에는 총 13억 2천만개(6만 5천톤)의 PET 용기가 사용되었다[10].

PET병도 1회용이 대부분이므로 제품이 사용되고 나면 곧바로 폐기물이 된다고 볼 수 있다. PET병의 재활용율은 얼마전까지만 해도 5% 이하 정도로 미미한 수준이었으나 1993년 경에는 이것이 중국으로 수출되어 오히려 품귀 현상을 빚게 되기도 하였으나 일시적인 현상이었고 현재는 남아서 처리가 불가능한 상태이다. 또한 바젤협약으로 인해 PET 등의 폐기물 수출, 수입이 점점 더 어려워지고 있는 실정이므로 이의 재활용상의 문제점을 갖고 있다.

(4) 종이팩

종이팩은 우유 및 청량음료의 용기로서 최근에 그 이용이 크게 신장되고 있는 용기이다. 1993년 Gable Top은 41억 7천 5백만개(81,830톤)가 사용되었고, Brick Pak은 11억개가 사용되었다. 이들은 수명기간이 짧아서 사용된 후 곧바로 폐기된다고 볼 수 있다. 현재 우유팩은 화장지 등으로 재활용되는데, 재활용율은 약 12.4%로 추정되고 있다[11].

3. 음료 용기류별 환경성평가

음료수는 대개 유리병, 알루미늄캔, Polyethylene terephthalate(PET) 용기에 담겨 시판된다. 현재 국내에서는 이러한 용기별 환경영향 자료 및 경제성 자료를 찾을 수 없고 조사된 자료도 미흡한 실정이다. 그러나 알루미늄과 유리, PET, 종이 용기의 재활용율

에 대한 대기 방출율과 고형폐기물의 발생, 에너지 요구량에 대한 일본과 미국자료를 찾을수 있었다 [12-16].

(1) 알루미늄, 유리, PET, 종이 용기의 생산에 필요한 에너지요구량과 대기방출량, 고형폐기물의 발생량으로부터[franklin Associate 자료] 각각의 재활용율 0%, 50%, 100%에 대해서 에너지요구량(kcal)과 대기방출량(g)을 계산해보면 Table 3과 같다.

사용(reuse, refill)을 하는 경우와 파유리 파쇄 용융의 공정을 거치는 재활용(recycle)의 경우 두가지 모두를 고려해야 한다. 여기서는 재사용하는 경우의 환경영향 및 에너지요구량에 관한 식을 다음과 같이 가정하였다.

$$E = X \times \frac{1}{R} \times C$$

여기서, E : 에너지요구량, 대기방출량 또는 폐기물 방출량

Table 3. Energy and Environmental Impacts per Container as a Function of Recycling Rate for Four Soft Drink Container Groups

Container Group	Recycling Rate		
	0 %	50 %	100 %
Energy Required/Container(kcal)			
PET(1.8 kg bottles)	2,671	2,255	1,840
Aluminum(0.34 kg cans)	1,181	777	376
Glass(0.45 kg bottles)	1,544	1,103	658
Paper(0.45 packs)	261	-	-
Atmospheric Emission/Container(g)			
PET(1.8 kg bottles)	14.2	12.19	10.21
Aluminum(0.34 kg cans)	5.95	3.97	1.98
Glass(0.45 kg bottles)	12.19	8.22	4.25
Paper(0.45 kg packs)	1.70	-	-
Solid Waste/Container(g)			
PET(1.8 kg bottles)	116	79	42.5
Aluminum(0.34 kg cans)	82	45	8.5
Glass(0.45 kg bottles)	397	221	42.5
Paper(0.45 kg packs)	181	-	-

(2) (1)의 값을 이용하여 각 재활용과정당 에너지 사용량과 대기 방출량, 고형폐기물 발생량의 계산. 원재료(재활용하지 않은 원료)를 사용했을 때의 에너지요구량과 폐기물발생량을 위 결과와 비교하여 보면 Table 4와 같다[17,18].

(3) 유리용기의 경우 재활용(recycle)과 재사용(reuse, refill)을 두 가지 경우를 구별한 평가가 필요하다. 재사용 횟수에 따른 에너지요구량 및 환경적 영향을 평가하고 우리나라의 경우와 선진외국의 재사용 횟수에 따른 차이를 비교하고자 다음과 같은 방법을 사용하였다.

유리병의 경우 분류, 세척 공정만을 거치는 재

X : 재활용율(recycle rate)이 0% 일때의 에너지 요구량, 대기방출량 또는 폐기물 방출량

R : 유리병의 재사용 횟수

C : 가중계수(재사용을 위한 세척 및 취급공정에서의 에너지요구 및 환경부하들을 고려한 가중계수로 여기서는 1.1로 가정하였다.)

위의 식을 이용한 유리병의 재사용 횟수에 따른 환경부하 및 에너지 요구량을 Table 5에 나타내었다. 우리나라의 경우 음료수병의 평균 재사용 횟수는 7 회(1993년 기준)로 음료 1m³을 포장할 수 있는 용기 개수에 해당하는 에너지요구량은 7.5×10⁶ kcal, 대기 방출량은 60 kg, 폐기물 발생량은 1,929kg에 해당된

다[6,19,20]. 선진외국의 재사용횟수는 우리나라보다 높은 수치를 나타내고 있는데 미국과 우리나라의 음료수병 재활용 횟수는 각각 10회, 7회로 에너지요구량과 환경부하에 있어서 우리나라의 수치가 미국의 그것보다 약 1.4배 이상 높은 것을 알 수 있다. 또한 미국의 지난 10년간 소비후 폐기된(post consumer) 유리의 수거율은 453% 증가하였다[21]. 에너지요구량에 있어서 현재 7회 유리병 재사용시에는 7.5×10^6 kcal 인데 이는 PET용기나 알루미늄캔을 100% 재활용할 때보다 작은 값이다. 유리병의 재활용 보다는 재사용

기물배출량의 비교를 Fig 1, 2, 3에 나타내었다.

우리나라의 현재 재활용율은 PET가 7.4%, 알루미늄캔이 13.1%, 유리병이 48.2%이며 재활용 목표율(1998년 이후)은 PET가 50%, 알루미늄캔이 50%, 유리병이 52%이다[22,23]. 유리병의 경우 재활용율과 재사용 횟수를 동시에 고려해야 한다[7]. 예를 들면 유리병의 현재 재활용율은 48.2%인데 이에 대한 내용량 m³ 당 에너지요구량은 33.8×10^6 kcal이며 현재 재사용횟수는 7회이다. 이 값들을 위의 식에 대입하면 5.24×10^6 kcal의 값을 얻을 수 있다. 이와같은 방

Table 4. Effect of 100% Recycling on Container Manufacturer

Container Group	Percent Change in Impact from 0% Recycle		
	Energy Required	Solid Waste Generated	Air Emission Generated
PET	-31%	-63%	-28%
Aluminum	-68%	-90%	-67%
Glass	-57%	-89%	-65%

Table 5. Energy required, air emission and waste generation of glass bottles as a function of refilling times.

Inventories	Refilling times										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Energy required/m ³ (106 kcal)	25.74	12.87	8.59	6.40	5.15	4.28	3.71	3.26	2.88	2.57	
Air Emission/m ³ (kg)	205.1	102.6	68.5	51.5	40.9	34.1	29.5	25.7	22.7	20.4	
Solid waste generation/m ³ (kg)	6,609	3,304	2,203	1,654	1,321	1,101	949	825	734	662	

횟수를 증가시키는 것이 에너지요구량이나 환경부하를 훨씬 줄일 수 있는 좋은 방법이라고 할 수 있다. PET용기와 알루미늄캔과 유리병(recycle)의 재활용에 따른 에너지요구량, 대기방출량, 폐기물배출량과 재사용 유리병(refill)의 에너지요구량, 대기방출량, 폐

법으로 유리병의 환경부하에 대한 값도 구할 수 있다. 현재 재활용율과 재활용목표율에 대한 에너지요구량, 대기방출량, 폐기물발생량을 계산한 결과를 Figure 4, 5, 6에 나타내었다.

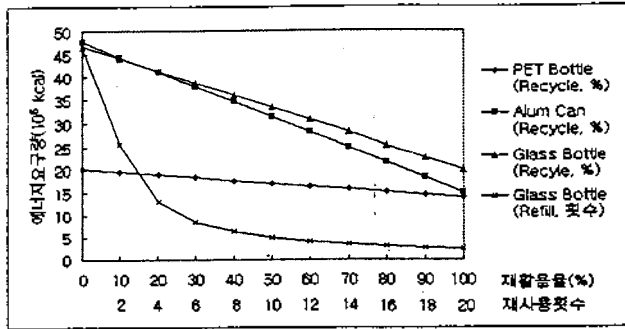


Figure 1. Energy required of PET, Aluminum, Glass as a function of recycling rate(%) or refilling times(per m³)

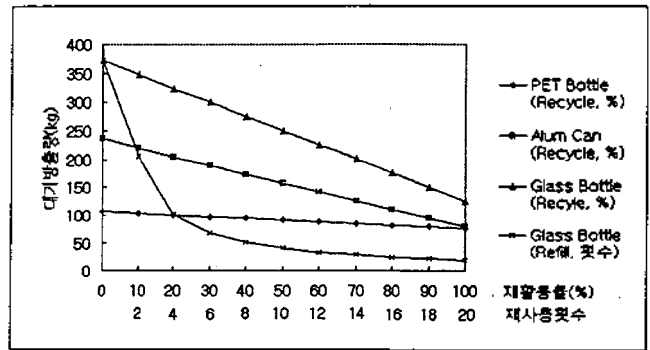


Figure 2. Air Emission of PET, Aluminum, Glass as a function of recycling rate(%) or refilling times(per m³)

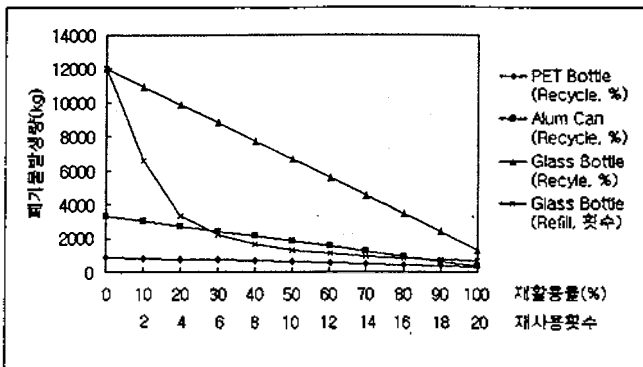


Figure 3. Solid waste generation of PET, Aluminum, Glass as a function of recycling rate(%) or refilling times(per m³)

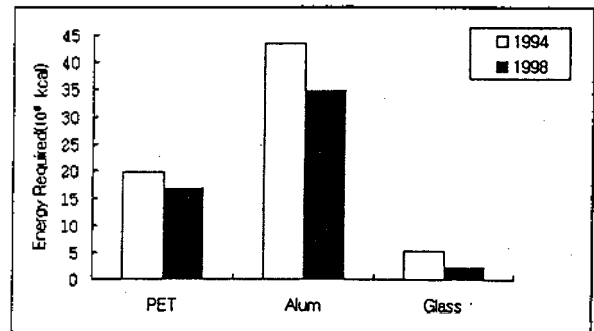


Figure 4. Energy requirement of PET, aluminum and glass containers(m³) for 1994 recycling rate, refilling times(PET : 7.4%, aluminum : 13.1%, glass : 48.2%, glass refilling times : 7) and 1998 recycling, refilling goal(PET : 50%, aluminum : 50%, glass : 52%, glass refilling times : 15)

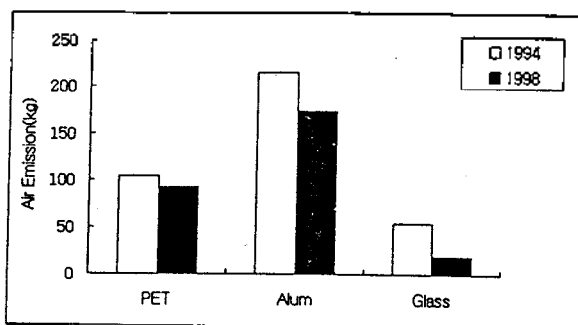


Figure 5. Air emission of PET, aluminum and glass containers(m³) for 1994 recycling rate, refilling times(PET : 7.4%, aluminum : 13.1%, glass : 48.2%, glass refilling times : 7) and 1998 recycling, refilling goal(PET : 50%, aluminum : 50%, glass : 52%, glass refilling times : 15)

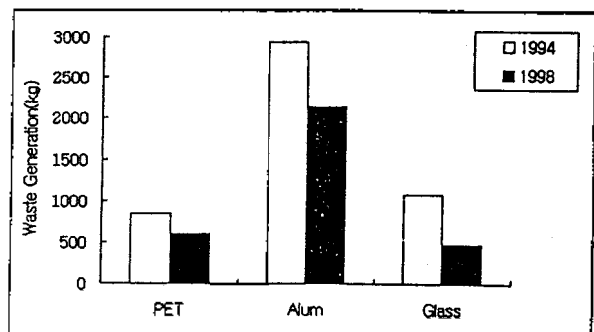


Figure 6. Solid waste generation of PET, aluminum and glass containers(m³) for 1994 recycling rate, refilling times(PET : 7.4%, aluminum : 13.1%, glass : 48.2%, glass refilling times : 7) and 1998 recycling, refilling goal(PET : 50%, aluminum : 50%, glass : 52%, glass refilling times : 15)

4. 결 론

포장용기의 생산과 수거, 재활용, 폐기 과정에서 에너지소요와 대기/수질/폐기물의 발생을 중심으로 이들의 환경성을 평가하여 보았다. 포장용기와 관련된 국내업체의 현황조사자료를 가지고 LCA평가를 실시하고자 하였으나 기업에서 정확한 현황을 갖고 있지 않은 상태이므로 미국 및 일본자료를 근거로 유리, 알루미늄, PET, 종이용기에 대하여 에너지요구량, 대기방출량 및 폐기물발생을 평가하였다[24-26]. 유리를 파쇄, 용융, 재활용하는 것으로 고려할 때 에너지요구량 및 대기방출량은 유리, 알루미늄, PET, 종이 순으로 높았고 폐기물발생은 유리, 알루미늄, 종이, PET의 순서였다. 그러나 유리병의 경우 재사용율(회수율)을 고려할 경우 현재 국내에서 약 7회의 반복사용을 하는 것으로 알려져 있는데 이 경우 PET(현재 재활용율을 고려)와 비교할 때 에너지요구량도 1/3 정도, 대기방출량은 약 반정도로 낮게 나타나며 폐기물의 경우에는 아직도 무게로 약 2배의 발생률이 높았다. 그러나 폐기물의 경우 처분을 고려할 때 부피로 환산하거나 플라스틱의 경우 분해되지 않는 유기물임을 고려할 때 실질적 환경영향은 유리가 낮을 것으로 본다. 또한 선진국과 같이 회수율이 높아진다면 훨씬 더 경제성과 환경성이 우수하다고 볼 수 있다. 그 외에도 1994년 현재의 재활용율(유리병의 경우 재활용율과 재사용 횟수를 동시에 고려하였음)과 1998년 환경부에서 정한 재활용목표율을 고려한 평가 결과도 같은 양상을 보였다. 외국의 제도와 국내의 현실을 비교할 때 국내에서의 유리병의 재사용횟수(회수율)의 증가가 절대적으로 필요하며 이를 위해 현재 실시 중인 공병부담금제도의 활성화와 시민의식 계몽을 통한 반복사용을 증대 유리병 사용의 의무율의 제시 및 이의 확대가 실시되어야 할 것이다. 유리병, 알루미늄, PET 및 종이에 대한 환경성 평가의 결과에서도 유리병의 재사용횟수가 환경성 및 경제성에 중요한 인자임을 알 수 있었고 현재의 재사용율(약 7회)을 고려할 때에도 유리의 밀도가 크기 때문에 폐기물의 무게 발생량이 타용기에 비해 높지만 기타 대기오염 영향 및 에너지요구량은 훨씬 우수한 결과를 보여주고 있다. 그러나 포장용기에 대한 국내 자료가 부족하여 폐수에 대한 조사가 미흡하였던 것이 아쉬웠으며, 전적으로 국내자료를 바탕으로 한 전과정 평가(Life Cycle Assessment) 연구가

계속되어야 할 것으로 생각된다.

References

1. Tchobanoglous, G., et al. : Integrated Solid Waste Management, McGraw Hill, pp. 15-16(1993)
2. 환경부 : 환경백서(1995)
3. 정재춘 : 폐기물 재활용의 증진방향, 포장용기 재활용 촉진을 위한 토론회, 한국식품공업협회, pp.55-77(1996)
4. 경실연 환경개발센터 : 유리병 재활용 활성화 방안에 관한 연구(1993)
5. 정재춘 : 유리병 재활용증진방안, 유리병 사용 입법화추진공청회, 21세기 환경연구소(1993)
6. 한국유리공업협동조합자료(1995)
7. 도갑수 : 캔 재활용을 위한 정부의 역할, 캔 재활용을 위한 세미나, 한국제관협동조합(1992)
8. 한국제관협동조합자료(1995)
9. 도갑수 : 우리나라 포장용기 폐기물의 현황과 향후대책, 첨단환경기술 pp.8-9(1996)
10. 이한규 : 폐 PET병의 재활용을 위한 기계적 분리, 숭실대 석사학위논문(1993)
11. 한정원 : 폐종이팩 재활용에 관한 연구, 숭실대학교 석사학위 논문(1993)
12. EPA : Manufacturing from Recyclables - 24 Case Studies of Successful Recycling Enterprises, EPA530-R-95-001(1995)
13. EPA : Business Guide for Reducing Solid Waste, EPA530-K-92-004(1993)
14. EPA : Decision-Maker's Guide to Solid Waste Management 2nd Edition, EPA530-R-95-023 (1995)
15. Container Recycling Institute : Container and Packaging Recycling, pp.58(1993)
16. (株)野村綜合研究所 : 包裝廢棄物の 리사이클링에 관한 定量的 分析, pp.27-50, 日本生活廢棄物協同組合 (1995)
17. Allen D.T. and Ross L. L. : Pollution Prevention, AIPP, pp. 12-30(1992)
18. 김창열 : 폴리에틸렌과 PET음료용기에 대한 LCA의 응용연구, 화학공학의 이론과 응용, 제 2권 1호, pp.605-608(1996)
19. '포장기술' 편집부 : 대체포장재의 사용현황 및 향후전망, vol 10, pp.45(1992)

20. '포장세계' 편집부 : 포장재생산에 필요한 에너지 소비량, 포장세계 통권69호(1994)
21. 정재춘외 : 미국의 도시고형폐기물관리, 한국폐기물학회지 11권 3호(1994)
22. 최주섭 : 저사용용기의 사용확대를 위한 조사연구, 한국환경과학연구협의회, pp 100-110(1994)
23. 도갑수 : 고형생활폐기물중 용기류에 관한 조사연구, 한국식품공업협회, pp. 71-75(1995)
24. LaGrega, M.D., et al. : Hazardous Waste Management, McGraw Hill, pp. 355-385(1994)
25. Vigon, D.W. : Life Cycle Assessment - Inventory Guideline and Principles, Lewis Pub(1994)
26. 유영준 : 환경경영시스템-LCA평가, 첨단환경기술, pp.58-65(1996)