

LCA를 통한 도시 고형 폐기물의 환경부하평가

박 정 한 · Susumu Tohno · Mikio Kasahara · 이 병 인^{*}
일본 교토대학 에너지과학 연구과 · 국립 밀양대학교 환경공학과
(2003년 4월 17일 접수; 2003년 6월 11일 채택)

Environmental Load Assessment of Municipal Solid Waste using LCA

Jung-Han Park, Susumu Tohno, Mikio Kasahara and Pyong-In Yi

Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan

^{*}Department of Environmental Engineering, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

(Manuscript received 17 April, 2003; accepted 11 June, 2003)

We analyzed the amount of environmental loads, and the amount of energy consumption through life cycle assessment from a discharge stage to the ultimate disposal to municipal solid waste in Seoul. We carried out inventory analysis of the amount of environmental loads that made the object range collection, intermediate treatment, and the final treatment, and took into consideration each stage exceptions CO₂ and NO_x, the amount of SO_x discharge, and energy consumption. We applied the data of an object model, and acquisition processed the scale of an object model suitably and applied to it to difficult data using the data of the Yokohama City incineration plant in Japan.

The amount of environmental loads per 1ton of municipal waste were analyzed CO₂ 0.4C-ton, SO_x 0.4kg and NO_x 0.8kg. Moreover, the amount of energy consumption which is 2.4Gcal was computed.

Key word : Municipal solid waste, Life cycle assessment, Environmental loads, Inventory analysis, Energy consumptions

1. 서 론

대량생산과 소비, 그리고, 폐기를 기본으로 하는 현대의 물질문명은 인류에게 물질적 풍요와 편리성을 준 반면에 자연환경에는 커다란 환경부하와 생활환경의 악화로 인하여 지구 생태계의 붕괴를 초래하고 있다.

인간생활에 있어서 가장 밀접한 생활문제뿐만 아니라 실제 지구환경 문제에서도 깊은 관계를 가지고 있는 폐기물 문제는 최근 질적·양적인 면에서 해결하지 않으면 안되는 문제로써 우리에게 다가서고 있다. 이러한 해결을 위해 환경보전과 자원보전의 관점으로부터 감량화를 위한 발생억제와 재활용(Recycle)을 우선시하고, 폐기물을 적정하게 처리하

기 위한 합리적인 폐기물 관리의 책정이 필요하게 되었다 더욱이, 폐기물 관리의 대상을 폐기시점부터 고려하는 않고, 생산, 유통, 소비의 단계를 포함하여 고려할 필요가 있게 되었다¹⁾.

이와 같이 순환형 사회시스템의 구축을 목표로 폐기물의 발생원을 포함한 폐기물 관리를 위한 과학적 평가의 한 방법으로 전과정평가(LCA: Life Cycle Assessment)가 주목받고 있으며, 국제 표준화기구(ISO)에서도 규격화를 검토하고 있다²⁾. 전과정평가는 환경에의 부하를 저감하기 위해서는 자원의 채취→생산→소비·사용→폐기→리사이클이라고 하는 전과정을 통해 환경에 미치는 부하를 정량적으로 파악하는 것을 말한다.

폐기물은 원료채취, 생산, 소비·사용, 폐기, 리사이클의 각 단계별로 많은 자원과 에너지를 투입한 제품의 부산물로써 환경에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다. 그러나 이러한 폐기물에 대한 전과정을 고려한 평가방법과 척도는 아직 국내에서는

Corresponding Author : Pyong-In Yi, Department of Environmental Engineering, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea
Phone : +82-055-350-5432
E-mail : watec@hanmail.net

정비되어 있지 않다.

본 연구에서는 전과정평가를 통해 우리나라의 도시고형 폐기물에 대한 배출단계에서부터 최종처리 단계에 이르기까지의 환경 부하량(CO_2 , SOx , NOx) 및 에너지 소비량에 대하여 평가하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 도시 고형 폐기물에 있어서 전과정 평가를 이용한 환경부하량과 에너지소비량에 대한 정량적 분석을 실시하자는 데 있다. 환경부하량 중 특히 지구온난화에 있어서 주요 물질인 CO₂ 배출량을 분석하였으며, 아울러 SO_x, NO_x 배출량과 에너지 소비량에 대하여 분석하였다. 또한 생활 폐기물 1ton에 대한 환경 부하량과 에너지 소비량에 대한 원단위도 산출하였다. 구체적인 평가내용은 다음과 같다.

2.1 시스템 경계

본 연구에서는 도시 고형 폐기물이 가정이나 사업장으로 배출된 후 수집 운반단계, 중간처리 및 최종처분의 3단계로 하여 평가를 실시하였다. 수집 운반단계에 있어서는 수집차량의 제조, 연료제조 및 연소가, 중간 처리단계에는 소각장의 건설에 필요한 자재 및 자재운송과 소각장 운용시에 필요한 자재를 포함하였다. 또한 최종 처분단계에서는 매립지 건설에 필요한 자재 및 자재운송, 매립지 운용에 필요한 자재와 운반차량의 제조까지로 하였다 (Fig. 1). 다만, 본 연구에서는 도시 고형 폐기물의 리싸이클과 시설 및 차량의 해체부분은 포함하지 않았다. 기능단위는 도시 고형 폐기물 1ton으로 설정하였으며, 시간적 범위는 강동구 소각장 건설계획서³⁾상의 연도인 1993년의 1년으로 설정하였다.

Input 데이터로 투입에너지와 자재를 고려하였으며, Output은 CO₂, SOx, NOx 배출량 및 에너지

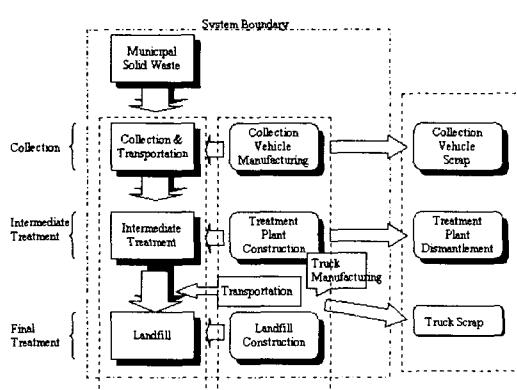


Fig. 1. System boundary of study.

소비량을 고려하여 환경부하량에 대한 목록분석을 실시하였다.

2.2. LCI(Life Cycle Inventory) 구축방법

Input 데이터는 서울시의 해당 시설 계획서에 의한 실제 데이터를 적용하였다. 다만, 해당계획서에 없는 데이터에 대해서는 일본의 요코하마시⁴⁾의 데이터를 해당 평가대상 시설규모에 맞게 산정하여 적용하였다. 이를 통하여 얻어진 데이터로부터 부문별 배출원 단위를 구한 후, 환경 부하량을 산출하였다. 아울러 해당 자재에 대한 원단위의 경우 현재 국내에서 데이터베이스가 진행중에 있으므로, 데이터베이스가 구축된 데이터에 대해서는 국내의 데이터를 이용하였으며, 그외의 데이터에 대한 원단위는 일본의 산업 연관표상의 데이터⁵⁾를 이용하여 분석하였다.

2.2.1. 수집 유판단계

수집 운반단계에는 서울시에 소재하고 있는 강동 소각장 실시 설계 계획서상의 대상지역인 강동, 성동구을 모델로 하였다. 수집차량⁶⁾의 중량은 2.5ton (3.0km/l), 내구연수는 6년으로 상정하였으며, 쓰레기의 물리적 조성과 삼성분 및 가연성 쓰레기의 화학적 조성은 Table 1, 2와 같으며, 발열량은 강동구가 1,586kcal/kg, 성동구가 1,910kcal/kg로 하였다. 이 지역의 도시 폐기물 1일 발생량은 910.5ton/day³⁾을 기준으로 하였다. 한편 도시 고형 폐기물의 수집차량에 대한 수송거리는 해당지역의 쓰레기 수집을 하기 위하여 수집차량의 연간 총 수송거리에 대한 계산방식으로써 격자상 도시모델(Grid City Model) 공식⁷⁾을 이용하여 거리를 산정하였다.

수집 운반단계에서는 소비되는 연료의 제조 및 연료의 연소, 수집차량의 제조까지로 하였으며, 계산 조건은 Table 3과 같다.

Table 1. Composition of municipal solid waste(%)

Foods	38.48
Paper	36.40
Wood	6.62
Plastic	13.45
Fiber	5.05

Table 2. Elements of municipal solid waste

Waste Composition(%)			Element composition(%)					
Ash	Mois-ture	Combustibility	C	H	O	N	Cl	S
7.95	53.2	38.85	46.95	5.25	27.90	1.45	1.30	0.75

LCA를 통한 도시 고형 폐기물의 환경부하평가

Table 3. Evaluation condition

Local situation		Municipal Solid Waste of situation	
Population	1,304,000	Amount of one-day municipal	910.5 ton/day
Area	58.1km ²	Waste discharge	
Number of households	409,849	Discharged waste amount	332,332.5 ton/day
Households per person	3.24	Collection frequency	Once every two weeks
		Collection vehicle	2.5 ton
		Transport vehicle	11 ton truck
		Vehicle fuel	Light oil, 3l/km
		Round trips of a vehicle	Three times a day
		Between collection area and a treatment plant	
		Collection model	Grid city model

Table 4. The used materials of collection transportation

Sector	Unit	Amount used
Fuel manufacture	kl	152.95
Gasoline Combustion	kl	152.95
Collection vehicle	2.5 (ton)	49.9(The number of vehicles)

이러한 조건을 이용하여 수집 운반단계에서 차량 및 연료 제조의 사용량에 대한 계산결과는 Table 4 와 같다.

2.2.2. 중간 처리단계

중간 처리단계는 생활 폐기물의 소각으로써 동 모델지역은 강동 소각장으로 산정하였다. 아울러 중간 처리단계는 소각장의 건설에 필요한 자재 및

자재 수송, 소각장 운용 등을 포함하였다. 소각장 건설에 필요한 자재에 대해서는 강동 소각장 실시설계계획서³⁾를 기초로 하였다. 일부의 자재에 대해서는 모델 케이스인 요코하마시 소각장 데이터⁴⁾를 해당시설 규모의 비례계산에 의하여 적용하였다. 아울러 내구연수는 해당 계획서를 참고하여 15년⁸⁾으로 하였다. 모델 케이스에 이용된 건설 자재량에 대한 수식은 다음과 같으며, 산출결과에 대한 건설 자재량은 Table 5, 6에 표시하였다.

$$S = M \times \frac{S'}{M'} \quad (1)$$

M = 모델케이스에 이용된 건설자재의 양

M' = 모델케이스의 시설규모

S = 해당 시설의 건설자재량

S' = 해당 시설의 규모

Table 5. Construction and transportation materials data of incineration plant

-	Materials	Unit	Weight	Loadage (Vehicle)	Total Loadage (Vehicle)	Milage (km/Vehicle)	Fuel ratio (km/kl)	Fuel used (kl)
Civil & Construction	Remicon	ton	43000	8.6	5000	35	3500	50
	Tile	ton	1784	10	179	35	3500	1.79
	Reinforced rod	ton	3541	4.7	754	35	3500	7.54
	Plate	m ³	47	11.5	5	35	3500	0.05
	Section steel	ton	622	10	63	35	3500	0.63
	Glass	ton	3445	15	230	35	3500	2.3
	Cement	ton	707	10	71	300	3500	6.09
	Concrete	m ³	42451	8.5	4995	300	3500	428.14
	Plastic	ton	61	6.1	10	35	3500	0.1
	Aluminium	ton	15	1.5	10	35	3500	0.1
Electricity & Mechanics	Steel plate	ton	1963	7.5	262	35	3500	2.62
	Stainless	ton	191	10	20	35	3500	0.2
	Lagging	ton	8	10	1	35	3500	0.01
	Copper	ton	3711	10	372	35	3500	3.72
	Cast iron	ton	51	10	6	35	3500	0.06
	Fire brick	ton	303	10	31	35	3500	0.31
	Plastics	ton	65	10	7	35	3500	0.07

Table 6. Construction and operation data of incineration plant

-	Materials	Unit	Usage
Construction	Electricity	kwh	9657900
	Gasoline manufacture	kl	378
	Gasoline	kl	378
Operation	Kerosene	kl	263.37
	Electricity	kwh	37420000.00
	Cement	t	1272.20
	Stones	t	4261
	Water	m ³	293500

Table 8. Landfill operation and vehicle manufacture data

Step	Materials	Unit	Used
Operation	Electricity	kwh	5690479.27
	Gasoline	kl	216.07
	Water	m ³	103521.99
	Sodium hydroxide	t	876.06
	Aluminium sulfate	t	986.88
	Sulphuric acid	t	245.99
Vehicles manufacture	Calcium carbonate	t	1059.08
	Transport vehicles	11(ton)	25(vehicles)
	Bulldozer	35(ton)	8(vehicles)

Table 7. Construction and transport materials of landfill

Materials	Unit	Weight	Loadage (Vehicle)	Total loadage (Vehicle)	Milage (km/Vehicle)	Fuel ratio (km.kl)	Fuel used (kl)
Interception materials	ton	837.44	10	130	35	3500	1.3
Concrete	m ³	6611.4	6	1655	300	3500	141.86
PC, ALC panel	m ³	94.4	8	7	35	3500	0.07
Steel	ton	1427.2	8.4	250	35	3500	2.50
Stainless	ton	0.42	10	1	35	3500	0.01
Copper	ton	5.46	10	1	35	3500	0.01
Aluminium	ton	1.05	10	1	35	3500	0.01
Plastics	ton	10.5	10	1	35	3500	0.01

2.2.3. 최종 처분단계

최종 처분단계로써의 매립지⁸⁾는 수도권 매립지로 상정하였다. 최종 처분단계에는 매립지건설에 필요한 자재 및 자재 수송과 시설 운영에 필요한 자재 및 차량의 제조 등을 포함하였다. 1993년 당시 수도권 매립지의 매립량은 8,089,000ton⁹⁾, 내구년수는 30년¹⁰⁾으로 하여, 소각재의 양을 산출하였다. 여기에서의 매립량이란 소각재와 복토의 합계로써, 소각재:복토의 비율을 6:1¹¹⁾로 하였다. 건설자재의 양은 매립지 설계보고서 및 모델케이스⁴⁾를 참고하여 매립장의 규모에 비례하여 처리시설에 대한 건설자재량을 산출하였다. 이에 대한 식은 다음과 같다.

$$N1 = M1 \times \frac{N''}{M''} \quad (2)$$

M1 = 모델 케이스에 이용된 건설 자재량

M'' = 모델 케이스의 시설규모

N1 = 실제 매립지에 이용된 건설 자재량

N'' = 실제 매립지의 시설규모

이 식에 의하여 해당 건설 자재량을 산출하였다. 또한 수송자재의 거리는 매립지 실시 설계보고서¹⁰⁾

에 의하여 연간 수송 부하량과 환경 부하율을 산출하였다.

한편, 소각재의 운반에는 11ton 트럭¹²⁾을, 처분장에서는 불도저를 사용하는 것으로 하였다. 최종 처분장에서의 건설 자재 및 수송 데이터와 운용시의 자재량 및 차량제조에 관한 산출결과는 Table 7, 8에 표시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 계산 결과

산출된 수치를 이용하여 각 자재별 환경 부하량을 부문별 배출원 단위^{5,13,14)}에 의해 구하였다. 얻어진 수치를 차량수명, 각 단계별 시설에 대한 내구년수로 나누면 연간 환경부하량을 산출할 수 있다 (Table 9 참조).

산출결과, 도시 고형 폐기물로부터 발생한 연간 환경 부하량의 경우, CO₂ 배출량은 118.11kt-C/y, NOx는 236.3t/y, SOx는 106.9 t/y을 배출하였으며, 에너지 소비량은 144.1Tcal/y인 것으로 밝혀졌다.

아울러 도시 고형 폐기물 1ton 당 환경 부하량의

LCA를 통한 도시 고형 폐기물의 환경부하평가

Table 9. Annual pollutions discharge and energy consumption of municipal solid waste

Step	CO ₂ Emissions (kt-C/y)	NOx Emissions (t/y)	SOx Emissions (t/y)	Energy consumption (Tcal/y)
Collection Transportation	0.43	4.12	4.11	12.14
Middle processing	112.97	223.89	88.34	110.66
The last disposal	4.71	8.33	14.45	21.34
Total	118.11	236.34	106.9	144.14

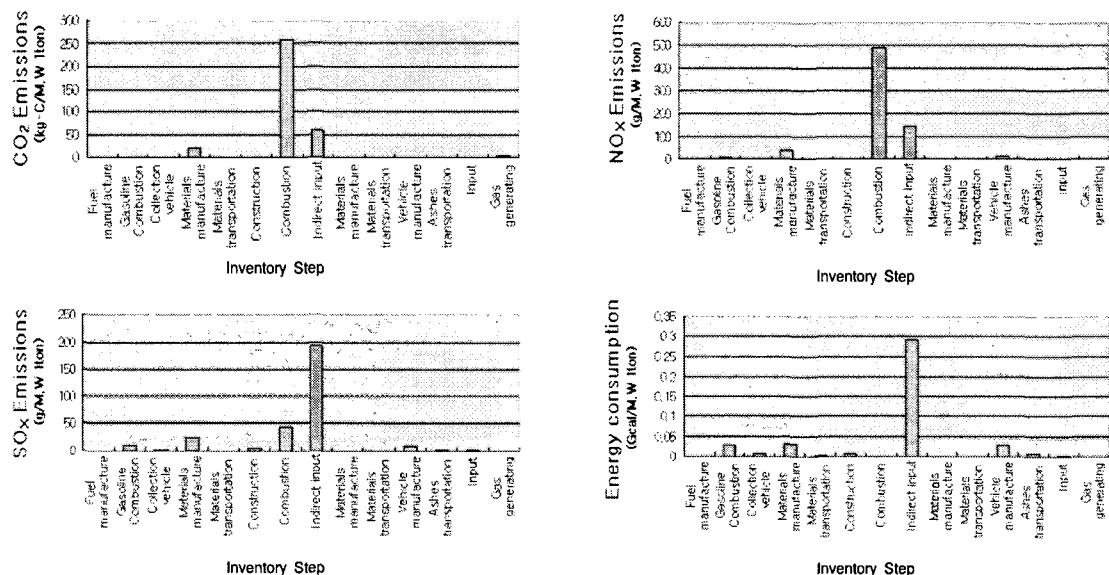


Fig. 2. Environmental loads and energy consumption per 1 ton of municipal solid waste.

원단위는 CO₂ 350.4kg-C, NOx는 706.1g, SOx는 292.2g이었으며, 에너지 소비량은 0.41Gcal인 것으로 나타났다. Fig. 2는 도시 고형 폐기물 1ton당 각 환경 부하량과 에너지 소비량을 나타내고 있다.

한편, 도시 고형 폐기물의 각 처리 단계별 쓰레기 1ton당 환경 부하량의 원단위의 경우, 중간 처리 단계에서 CO₂ 배출량이 339.9kg-C, NOx는 673.7g, SOx는 265.8g 그리고 에너지 소비량은 0.33Gcal로써 모든 환경 부하량과 에너지 소비량이 중간 처리 단계에서 가장 많이 발생되는 것으로 산출되었다.(Fig. 3).

3.2. 종량제 전후의 도시 고형 폐기물에 대한 환경 부하량의 비교분석

산출된 도시 고형 폐기물 1 ton당 환경 부하량과 년도별 도시 고형 폐기물 발생량¹⁵⁾을 이용하여 종량제 전후의 환경 부하량 및 에너지 소비량을 비교 분석하였다. 1992년부터 2000년까지의 도시 고형 폐기물로부터 CO₂ 배출된 환경 부하량에 대한 분석결과는 다음과 같다(Fig 4).

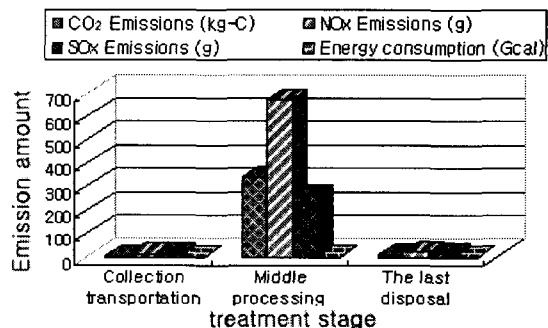


Fig. 3. Environmental loads and energy consumption per 1 ton of stage.

먼저 CO₂ 배출량의 경우는, 1992년 전체 배출량은 403.4kt-C였으며, 2000년은 773.6kt-C로써 1992년보다 약 52% 증가한 것으로 나타났다. 아울러 평가기간동안 연평균 9%정도 증가하고 있는 것으로 분석되었다. 한편 단계별 평균 배출량의 경우 수집 운반단계가 6%, 중간처리단계가 70%, 그리고

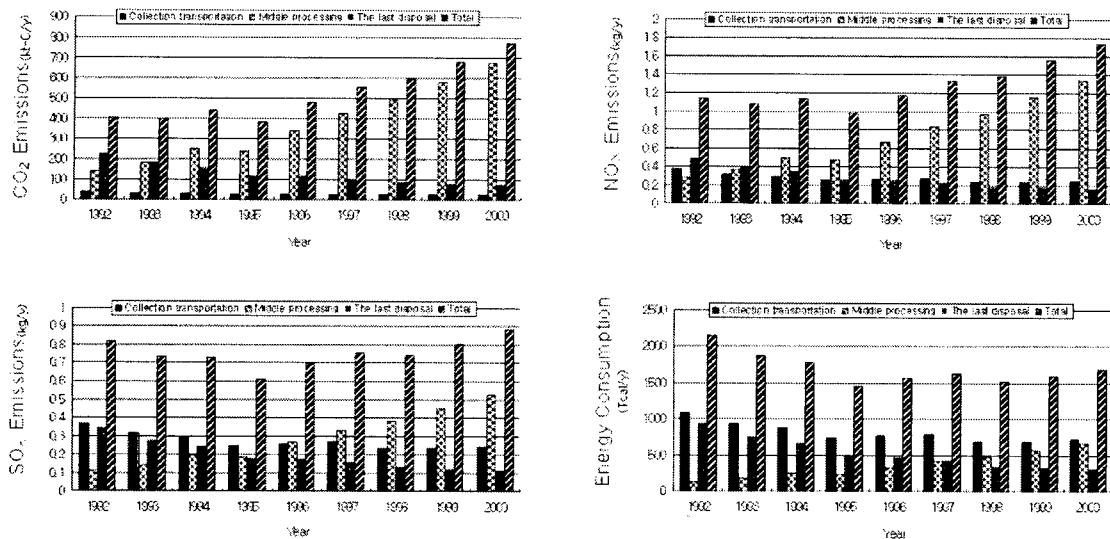


Fig. 4. Environmental loads and energy consumption of a volume-based charge system.

중간 처리단계가 24%를 차지하고 있는 것으로 분석되었으나, 중간 처리단계의 경우는 1996년 이후 매년 증가하고 있는 것으로 분석되었다.

NOx 배출량은 1992년 전체 배출량이 1.1kt이었으며, 2000년은 1.7kt로써 1992년보다 약 65% 증가하였으며, 평가기간동안의 연평균 증가율은 6% 인 것으로 나타났다. 한편 단계별 평균 배출량의 경우 수집 운반단계가 21%, 중간처리단계가 57%, 그리고 최종 처분단계가 22%를 차지하였으며, 중간 처리단계의 경우는 매년 연평균 22% 매년 증가하고 있는 것으로 분석되었다.

SOx의 배출량을 보면, 1992년 전체 배출량이 0.8kt였으며, 2000년은 0.9kt 증가한 것으로 나타났다. 평가기간동안의 연평균 증가율은 1.4% 인 것으로 나타났다. 한편 단계별 배출량의 경우 1992년에는 수집 운반단계가 45%, 중간처리단계가 13%, 그리고 최종 처분단계가 42%를 차지하였으나, 2000년에는 수집 운반단계가 27%, 중간처리단계가 60%, 그리고 최종 처분단계가 13%를 차지한 것으로 분석되어, 1992년에 비하여 수집과 최종 처분단계의 배출량은 감소하였으나, 중간 처리단계의 배출량이 급증한 것으로 분석되었다.

에너지 소비량의 경우는, 1992년 전체 배출량이 2.2Ecal였으며, 2000년은 1.7Ecal로 감소한 것으로 나타났다. 그러나 평가기간동안의 연평균 변화는 0.6% 증가한 것으로 분석되었다. 단계별 배출량의 경우 1992년에는 수집 운반단계는 50.2%, 중간 처리단계가 6.4%, 그리고 최종 처분단계가 43.4%를

차지하였으나, 2000년에는 수집 운반단계가 42.5%, 중간 처리단계가 39.4%, 그리고 최종 처분단계가 18.1%를 차지한 것으로 분석되어, 1992년에 비하여 수집과 최종 처분단계의 배출량은 감소하였으나, 중간 처리단계의 배출량이 급증한 것으로 분석되었다.

3.3. 고찰

도시 고형 폐기물에 대한 원단위의 경우, 중간 처리단계로부터 환경 부하량이 각각 97%, 95%, 91%이었으며, 에너지 소비량도 82%를 차지하여 소각으로 인한 환경 부하량과 에너지 소비량이 가장 큰 것으로 나타났다. 즉 도시 고형 폐기물을 소각하기 위해 사용되는 연료로부터 배출된 것으로 밝혀졌다. 따라서 현재 소각 비율이 점점 증가하는 추세에 있으나, 이는 결국 대기 환경에 있어서 악영향을 줄 수 있다는 것을 입증하였다.

한편 종량제 전후의 도시 고형 폐기물로부터 발생한 환경 부하량을 비교 분석한 결과 연평균 환경 부하량은 CO₂가 9%, NOx가 6%, SOx가 1.4% 그리고 에너지 소비량이 0.6% 증가하고 있는 것으로 분석되었다. 그 원인은 먼저 단계별 원단위 산출결과 중간 처리단계가 전체 단계의 82~97%를 차지하여 원단위 높은 것이 하나의 원인이다.

두 번째로는 평가기간동안 도시 고형 폐기물의 발생량의 감소와 더불어 재활용도 증가하고 있으나, 중간 처리단계 즉, 소각비율이 급증한 것이 가장 큰 원인이다. 제1차 국가 폐기물 관리 종합계획(수정년도)의 실시연도인 1996년부터 정부는 소각

LCA를 통한 도시 고형 폐기물의 환경부하평가

중심의 폐기물처리처분 정책을 실시하였으며, 이로 인하고 폐기물의 처리처분에 있어서 소각은 연평균 19% 증가하였다. 종량제 전후의 환경 부하별 및 에너지 소비량의 추이에서 보는 바와 같이 쓰레기 처리 1ton당 환경 부하량과 에너지 소비량의 경우, 평가 초기연도에 비하여 중간 처리단계는 매년 증가하고 있으며, 수집 운반이나 최종 처분단계를 압도하여 폐기물 감소효과를 상쇄시키고 있다.

한편 에너지 소비량의 경우는 평가기간동안 환경 부하량에 비하여 증가폭이 크지 않은 것으로 분석되었다. 이는 종량제 실시로 인한 종전에 비하여 생활 폐기물 수집반도의 감소와 더불어 발생량의 감소 및 쓰레기 매립의 감소에 기인한 것이다. 종량제 실시로 인하여 수집차량의 운행반도의 감소와 더불어 특히 종전 거주지와 원거리에 위치해 있는 매립지로의 차량 운행의 감소는 전체적인 에너지 소비량의 감소를 가져왔다. 그러나 소각중심의 폐기물 정책이 실시된 1996부터 에너지 소비량은 1998년 감소를 보였으나, 이 기간동안의 연평균 증가율은 3%로 전체평균의 5배를 증가율을 보였다.

따라서 폐기물 처리처분에서 소각이 차지하는 비중은 더욱 커질 것으로 예상됨에 따라 소각으로 인한 환경 부하량을 개선하기 위해서는 현재 가연성, 음식물, 비가연성 폐기물을 혼합하여 배출하는 것을 지양하고, 배출 단계부터 철저한 분리를 통하여 소각시 과다한 에너지 투입을 줄이는 방법과 저에너지 투입으로 고효율의 소각을 할 수 있는 등의 소각 기술개발이 필요하다고 생각되어 진다. 아울러 소각으로부터 발생되는 에너지를 이용한 소각 등 다양한 소각 기술을 개발할 필요가 있다고 판단된다.

또한 1996년과 1997년 일시적으로 환경 부하량이 증가한 것은 종량제 실시에도 불구하고 도시 고형 폐기물의 증가와 함께 1997년 경제 악화로 인한 것이 원인이라 할 수 있다. 따라서 주민에 대한 지속적인 종량제 홍보와 더불어 경제적인 어려움에 따른 종량제 보완대책이 필요하다고 볼 수 있다.

4. 결 론

도시 고형 폐기물에 대한 배출 단계에서부터 최종 처분단계에 이루기까지의 전과정에 대한 환경 부하량 및 에너지 소비량을 산출하였다. 이와 함께 도시 고형 폐기물 1ton당 환경 부하량과 에너지 소비량도 동시에 산출하였다. 산출 결과는 다음과 같다.

- 1) 연간 환경 부하량의 경우, CO_2 배출량은 $1.334\text{E}+05\text{t-C/y}$, NOx 는 253.4 t/y , SOx 는 145.9 t/y 를 배출하였으며, 그리고 에너지 소비량은 $8.696\text{E}+$

05Gcal/y 인 것으로 나타났다.

- 2) 도시 고형 폐기물 1 ton 당 환경 부하량의 원단위는 CO_2 는 0.4t-C , NOx 는 0.8kg , SOx 는 0.4kg 인 것으로 나타났다.
- 3) 단계별로는 CO_2 의 경우는 중간 처리단계가 전체의 73%, 최종처분 26% 그리고 수집 운반단계가 약 1% 차지하는 것으로 나타났다. 또한 NOx 의 경우는 중간 처리단계가 74%, 최종처분이 25%, 그리고 수집 운반단계가 약 1%인 것으로 나타났다. 한편 SOx 는 최종 단계가 75%, 중간 처리 단계가 26% 그리고 수집 운반단계가 1%를 차지하였으며, 에너지 소비량은 최종 처분단계가 89%, 중간 처리단계가 10%, 그리고 수집 운반 단계가 약 1%를 차지하는 것으로 나타났다.
한편, 종량제 실시 전후의 환경 부하량을 보면
1) 1992년부터 2000년까지의 환경 부하량은 연평균 약 7% 감소하는 것으로 분석되었다.
2) 단계별 환경 부하량은 수집 운반단계가 전체 평균의 57%, 최종 처분단계가 40%, 그리고, 중간 처리단계가 3%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.
3) 아울러 수집운반과 최종처분의 경우는 감소하고 있는 반면, 중간 처리단계의 경우는 연평균 23% 증가하고 있는 것으로 밝혀졌다.
이상의 결과를 바탕으로 환경 부하량을 최소화하기 위해서는 도시 고형 폐기물의 배출 억제와 배출된 폐기물의 리사이클률을 높이는 것이 환경 부하량과 에너지 소비량을 덜 배출한다는 것을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 日本 廃棄物學, 1996, 廃棄物ハンドブック, (株) オーム社, 3pp.
- 2) 鈴木 育, 1996, リサイクル工學, エネルギー・資源學會, 282pp.
- 3) 서울시 청소사업본부, 1994, 강동 자원회수 시설 건설 기본계획.
- 4) (社)資源協會, 1994, 家庭生活のライフサイクルエネルギー, あんほるめ.
- 5) 南齊規介, 2001, 我が國における大氣環境負荷量の推計とライフサイクルアセスメントへの應用の關する研究, 京都學校エネルギー科學研究科博士論文.
- 6) 유기영, 2002, 쓰레기수집·운반 및 처리비용의 산정사례, 서울시정개발연구원, 16-17pp.
- 7) (社)野村總合研究所, 1995, 包裝廢棄物のリサイクルに關する定量的分析, 32-35pp.

- 8) 서울시 청소사업본부, 1994, 강동 자원회수 시설
건설기본계획, 225pp.
- 9) 수도권 매립지 관리공단(<http://www.slc.or.kr>),
통계자료.
- 10) 수도권 매립지 운영 관리본부, 1999, 수도권 매
립지 실시 설계보고서.
- 11) 厚生省 生活衛生局 水道環境部, 1991, 廃棄物
處理施設データブック平成3, 環境新聞社.
- 12) 日本 廃棄物學會, 1996, 廃棄物ハンドブック,
(株)オーム社、623pp.
- 13) 한국 인증원(<http://www.kab.or.kr>).
- 14) 한국 환경마크협회(<http://www.kela.or.kr>).
- 15) 환경부, 1992-2000, 전국 폐기물 발생 및 처리
현황.