



ORIGINAL PAPER

원저

제주도의 폐기물 수거요소 분석에 관한 비교 연구

강현춘*, 김태윤*, 류성필, 강진영, 허목†

제주산업정보대학 소방환경관리과*, 제주발전연구원*, 제주대학교 토목환경공학전공*

(2009년 3월 23일 접수, 2009년 3월 28일 채택)

Comparative Study on Waste Collection Factor in Jeju

Hyun Choon Kang, Tae Yoon Kim, Seong Pil Yu, Jin Young Kang, Mock Huh

Department of Fire and Environmental management, Jeju College of Technology, Jeju Development Institute, Department of Environmental Eng., Jeju National University

ABSTRACT

Analysis of collection factor was studied to compare various parameters such as collection time, transport time, amount of collection and number of man power by on-the-spot survey at one municipal area and one rural area in Jeju-do. Results showed that the amount of man and time to collect 1 ton of waste of rural area(5.853 man·hour per time) was four times as much as that of municipal area(1.527 man·hour per time). In case of a transport time, rural area(11.08 per km/hr) has similar value to municipal area(11.07 per km/hr) and has half or one third value to the restaurant (36.7km/hr), an apartment area(33.0km/hr) and a detached area(22.4km/hr).

Keywords : Collection time, Transport time, Amount of collection

초 록

본 연구는 제주도의 폐기물의 수거에 소요되는 인력과 장비 및 소요시간과 수집차량의 운반속도 등의 수거 시스템을 분석하기위하여 1개 시와 1개 군을 대상으로 수거체계를 분석하고 현장조사를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 군지역의 폐기물 1톤당 인력시간 소요량은 전체평균 5.835 인·시/톤을 보여 전체 평균 1.527 인·시/톤을 나타낸 시 지역 보다 4배 정도의 인력과 시간이 소요되는 것으로 나타났다 이는 군 지역이 시지역보다 지리적인 여건으로 인하여 소요 인력과 시간이 많이 필요하기 때문으로 판단된다. 운반 속도에서는 군 지역과 시지역이 11.08km/시와 10.07 km/시로서 비슷한 수치를 나타내었으며 타 지역 시도의 음식점소(36.7km/시), 아파트(33.0km/시), 단독주택(22.4km/시)보다 1/2에서 1/3로 운반속도가

*Corresponding author : huhmock@cheju.ac.kr

낮게 나타났음을 알 수 있다.

핵심용어 : 수집시간, 수송시간, 수거량

1. 서론

생활수준의 향상으로 환경문제에 대한 관심이 높아지면서 쓰레기 등 유기성폐기물에 대한 적절한 처리 및 관리가 전 세계 각 국가별로 중요한 환경문제 중 하나로 인식되고 있으며 폐기물 문제가 사회문제화되고 소각 및 매립 처리과정 중에서 2차 오염이 일어나면서 쓰레기 성상 중에서 가장 문제가 될 수 있는 음식물쓰레기와 슬러지에 대한 관심이 증가되고 있으며 식량자원이 부족한 우리나라의 경우, 과도한 음식물쓰레기 발생은 귀중한 자원의 낭비를 초래하고, 음식문화의 특성상 수분이 많은 음식물쓰레기를 매립·소각하는 과정에서 다량의 침출수를 발생시키는 등 2차 환경오염을 초래할 우려가 있다.

이에 따라 정부에서는 음식물류 폐기물 대책의 일환으로 「음식물 쓰레기 감량자원화 기본계획」을 수립, 추진해 오고 있으나, 2006년도의 음식물 쓰레기 발생량은 1일 13,372톤으로서 전체 생활 폐기물발생량 48,844톤/일의 약 27.4%를 차지함에 따라 음식물 쓰레기가 차지하는 점유비율이 상대적으로 높은 편이다.

또한, 1996년도의 29.1%에 비교하여 그간은 점차 감소하는 추세였으나 음식물류폐기물 직매립 금지('05.1.1) 이후 분리 배출되는 음식물류 폐기물이 증가하고, 국민의 생활수준 향상 및 웰빙문화 확산으로 인한 과일·채소류의 소비가 증가하면서 2006년 음식물류 폐기물 발생량이 대폭 증가한 것으로 나타났다¹⁾.

제주지역의 경우도 전국 음식물류 폐기물 발생추이와 유사하며, 2006년도 1인당 발생하는 음식물 폐기물량은 0.324kg/인·일로 2002년도 0.269kg/인·일에 비해 약 17%증가하였으며, 발생량은 약 19%증가하였다.

더욱이 제주지역의 경우 농어촌 지역은 소규모

부락단위로 산재되어 있고 쓰레기 종량제에 따른 규격 봉투 사용에 대한 관심이 부족하여 쓰레기 무단투기와 불법소각이 빈번하게 발생하고 있으나 행정력만으로는 단속에 한계가 있을 수밖에 없어 주민들의 인식전환이 필요하지만 농촌실정에 맞는 적정처리 방안이 뚜렷이 강구되어 있지 않은 실정이며 쓰레기종량제에 힘입어 일반쓰레기의 양은 줄어들고 있는 반면 증가하고 있는 음식물쓰레기의 문제를 해결하기 위하여 모든 지자체와 시군은 음식물폐기물의 처리시설 확보와 수거체계 및 시스템 구축에 매진하고 있는 실정이며 이에 따른 대책이 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구는 보다 객관적이며, 자치구의 특성을 반영할 수 있는 가장 효과적인 방법으로서²⁾ 제주도의 시지역 1군데와 군지역 1군데를 연구대상지역으로 선정하여 쓰레기의 효율적 수거에 소요되는 인력과 장비를 파악할 수 있도록 시지역과 농어촌 지역을 대상으로 폐기물 수거체계를 분석하기 위하여 현장조사에서는 수집시간, 운반시간, 수거량, 수거 인력수를 고려하여 조사하고 기록하였으며, 처리장에서의 적재량을 계산하여 산출하였으며 폐기물 수거요소를 정량 분석하고, 현장조사를 실시하였다. 또한 앞으로의 수거체계를 구축하고자 인력과 장비의 소요량을 예측하고 소요비용의 분석과 배출자 부담 수수료를 평가하고자 지역 특성에 맞는 수거 인력 및 소요인자를 산출하여 적절한 인력 및 장비소요량을 평가하고 범용적으로 적용할 수 있는 수거요소를 도출하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 수거 체계 분석 이론

현재 각 지역특성에 적합한 음식물쓰레기의 수거체계를 구축하고 더불어 종량제에 준하여 수거수수료를 부담시킬수 있도록 하기 위하여 정확한 수

거체계와 범용적으로 활용가능한 수거요소를 선정할 필요가 있으며 이를 위하여 복제주군을 연구대상지역으로 선정하여 대표성 있고 종합적인 조사와 분석결과가 필요하다.

수거요소를 조사하는 목적은 앞으로 수거체계를 구축하고자 하는 경우에 소요되는 인력과 장의 소요량을 예측하고 이미 수거체계가 구축된 지역에 대하여는 적절한 인력과 장비를 투입하고 있는가의 여부를 판단하고 더 나아가서는 소요비용의 분석과 배출자가 부담해야할 수거 수수료의 평가 등에 활용하기 위함이다³⁾.

폐기물을 수거하기 위하여 수거인력과 수거장비가 필요하며 이를 위한 효율적인 인원산정 및 배치가 필요하다. 따라서 효율적인 수거 체계를 구축하기 위해서는 적절한 인력과 장비가 투입되고 있는가를 판단해보고 지역 특성에 맞는 인력 및 장비 소요량을 결정할 수 있는 여러 요소가 분석되어야 할 것이다⁴⁾.

수거시스템에 소요되는 인력과 장비 소요량을 산정하려면 기본적으로 수거단계별 시간분석이 필요하며 이런 과정을 통하여 설계자료와 특정지역에서 수거행위와 관련된 변수를 파악할 수 있게 된다. 수거형태별로는 노변수거(curb service), 블록수거(block service), 골목수거(alley service), 뒤뜰수거(back service)등으로 구분할 수 있으며 수거방식으로는 용기수거방식, 자루수거방식, dust-box 수거방식, container 수거방식 등으로 나눌 수 있다. 수거단계를 크게 4단계로 구분하면 수집(pickup), 운반(haul), 하차(at-site), 부대행위(off-route)로 구분한다. 수거단계의 변수는 수거방법에 따라 다른데, 쓰레기용 컨테이너를 공장, 적환장 또는 처분지역까지 운반하여 비운다음 처음 위치나 다른 장소에 가져다 놓는 견인식 컨테이너 시스템(hauled container system)과 컨테이너 안의 쓰레기를 수집차량에 옮겨 운반하여 컨테이너는 제자리에 놓아두는 고정식 컨테이너 시스템(stationary container system)으로 구분된다. 우리나라의 경우 음식폐기물의 수거는 문전수거와 소형 수집함 수거로 구분되며, 이러한 형태는 외국의 현장컨테이너 시스템과 유사하다. 따라서 현장

컨테이너 시스템의 경우를 가정하여 수거단계별 소요시간을 정의하면 다음과 같다.

- 수집시간(P_{scs}) = 수집차량이 첫 번째 수집현장에 도착한 시간부터 차량의 적재용량을 채운 마지막 수집현장에서 상차를 완료하기까지의 시간
- 수송시간(h) = 마지막 수거현장에서 수집을 완료한 시점부터 처리장 또는 적환장까지의 이동시간과 음식물폐기물의 하차를 완료한 후부터 처리장에서 다음 수집경로의 첫 번째 수집현장에 도착하는데 소요되는 시간들의 합
- 수거효율성 = 단위시간당 수거량
수거효율성 = 수거량 / 수거시간
- 하차시간(s) : 수집차에 적재된 음식폐기물을 적환장 또는 처리장의 지정장소에 투입하는 시간 및 계량, 대기등에 소요되는 시간들의 합
- 적재시간 : 쓰레기 수거에 직접 소요되는 시간과 수거지간의 이동시간의 합
- 부대행위 시간(off) : 작업시간 전후의 점검시간, 회의시간, 차량 수리시간, 점심시간, 불필요한 개인 행동 시간등의 합

따라서 수집차량 1대의 1회 수거시간(T_{hcs})은 식(1)과 같이 표시되고 수집차량1대의 1일 수거횟수(N_d)는 1일 순작업시간(T_d)을 수거시간으로 나누어 식(2)로 표시된다⁵⁾.

$$T_{hcs} = P_{scs} + h + s \dots\dots\dots (1)$$

$$N_d = T_d / T_{hcs} \dots\dots\dots (2)$$

수집시간(P_{scs})은 수거요소를 보다 세분화 할 경우 식(3)과 같이 순수수집시간(P_{scsn})과 현장이동시간(P_{scsm})으로 구분하여 정리할 수 있다. 순상차시간은 현장당 수집시간(P_{nt})과 현장수(P_n)의 곱으로 식(4)와 같이, 현장이동시간은 현장간 이동시간(P_{mt})과 현장수(P_n)의 곱으로 식(5)와 같이 표시된다.

$$P_{scs} = P_{scsn} + P_{scsm} \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{scsn} = P_{nt} \times P_n \dots\dots\dots (4)$$

$$P_{scsm} = P_{mt} \times (P_n - 1) \dots\dots\dots (5)$$

2.2 현장조사

제주도의 2개시(제주시, 서귀포시)와 2개군(복제주군, 남제주군)중 시 지역 1군데와 군 지역 1군

테를 선정하여 현장 조사를 실시하였다. 본 연구에서는 신 등(1995)등⁶⁾ 과는 달리 시지역과 군지역 모두 아파트 지역과 단독주택지역, 음식점소 지역으로 구분하여 조사하였고, 각 구역별 특성상 조사는 수집차량이 수거를 하지 않는 관계로 불가능하였으며 각 현장별로 대표성을 갖는 수집지역의 수집차량을 선정하여 수집시간, 운반시간, 하차시간, 수거인력수, 수거량, 적재량등을 조사하고 기록하였다. 폐기물의 수거시스템을 평가하고 도시와 농촌지역의 수거요소를 비교분석하고 지역특성에 맞는 수거시스템을 구축하기위하여 폐기물 1톤의 수집에 소요되는 인력시간 소요량, 운반 속도 등을 공통적으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

제주도의 1개시와 1개군의 폐기물 수거요소와 현장작업시스템을 조사한 결과, 표 1에 군지역의 폐기물 1톤당 소요·인력시간 소요량을 정리하였다. 현장조사에서는 수집시간, 운반시간, 수거량, 수거인력수를 고려하여 조사하고 기록하였으며, 처리장에서의 적재량을 계산하여 산출하였다.

군지역의 폐기물 1톤당 인력시간 소요량은 4.39 인·시/톤에서 6.875인·시/톤까지 결과가 나왔으며 전체평균=(5.86+5.076+6.57)/3=5.835인·시/톤을 보여 폐기물 1톤당 5.835 인·시가 소요된 것으로 나타났다. 또한 [Table 2]에 시지역의 폐기물 1톤당 인력·시간 소요량을 정리하였다. 시 지역의 인력시간 소요량은 4.39인·시/톤에서 6.875 인·시/톤까지 결과가 나왔으며 전체평균=(1.685+1.355+1.258)/3=1.527인·시/톤을 보여 폐기물 1톤당 1.527인·시가 소요된 것으로 나타났다. 이를 타 지역의 연구결과와 비교할 때 타 지역의 단독주택, 아파트 지역보다 2배에서 많게는 6배의 인력·시간이 소요되는 것으로 나타났다. 결국 군지역의 폐기물 1톤당 소요인력·시간은 시 지역보다 4배의 인력 또는 시간이 필요한 것으로 나타났으며 타 지역의 아파트나 단독주택보다 5~6배의 인력·시간이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 군지역이 시지역보다 지리적인 여건으로 인

하여 소요 인력과 시간이 많이 필요하기 때문으로 판단된다[Table 1], [Table 2].

[Table 3]과 [Table 4]에 군지역과 시지역의 운반속도(km/h)를 나타내었다. 폐기물 1톤당 인력시간 소요량과는 달리 운반속도에서는 군 지역과 시지역이 11.08km/h와 10.07 km/h로서 비슷한 수치를 나타내었으며 타 지역 시도의 음식점소(36.7km/h), 아파트(33.0km/h), 단독주택(22.4km/h)보다 1/2에서 1/3로 운반속도가 낮게 나타났음을 알 수 있다⁵⁾. 이는 같은 시지역이라 하더라도 아파트, 단독주택, 음식점소를 구분하여 수거하는 대도시지역과 그렇지 않은 제주지역과의 차이로 나타나는 결과로 보여진다⁵⁾.

또한 제주도의 도로와 주택지역구조 특성상 접근도로가 수집차량의 통행에 불리한 영향도 작용한 것으로 판단되어진다. 이러한 조사 결과를 분석해 보면 본 연구에서 인용한 타 지역은 모든 관할 구역내에 수거 체계를 구축한 자치구를 대상으로 한 지역이므로 수집구역의 분류도 용이하였지만 1일 30톤 처리용량의 퇴비화 시설과 150톤 처리용량의 사료화 시설을 관할 구역내의 동일 장소에 구비하고 있어 운반시간과 하차시간이 용이한 것 때문이라고 생각되어지며 제주도의 지역특성과 수거체제 특성상 인력시간 소요량과 속도가 차이가 나는 결과라고 사료된다.

본 연구에서는 2개 지역만을 대상으로 극히 작은 수거횟수에 대해 조사한 결과이므로 대표성 있는 수거요소를 산정하려면 후속적인 체계적 수거인력 시스템분석이 필요하다고 사료되며 시와 농촌 지역의 특수성을 감안하여 도시의 밀집된 지역과의 인력 시간 소요량은 직접 비교하기가 어려운 점이 있었다. 또한 군 지역에서도 인구밀집 지역과 아파트 지역을 구분하여 지역특성에 따라 인력시간 소요량, 수집차량의 운반속도, 차종별 하차 시간을 공통적으로 분석할 필요가 있다고 보며 이러한 계산을 토대로 동일조건에서 산정된 지역유형별 수거시간을 정리하여 소요되는 장비와 인력을 산정하고 인건비, 장비유지비등에 관한 자료를 파악하면 음식 폐기물에 소요되는 비용 또는 배출자가 부담해야 할 수수료 등의 계산이 가능하리라 사

[Table 1] The Amount of Man and Time Per 1 Ton of Waste(Rural Area)

(Unit : man·hour/ton)

No	1-spot	2-spot	3-spot
1	5.617	5.21	6.167
2	6.20	4.39	6.875
3	5.763	5.627	6.67
average	5.86	5.076	6.57
rural area average	5.835		
Detached (Other result)	3.3		
Apartment (Other result)	1.0		
Restaurant (Other result)	1.2		

[Table 2] The Amount of Man and Time Per 1 Ton of Waste(Municipal Area)

(Unit : man·hour/ton)

No	1-spot	2-spot	3-spot
1	1.479	1.379	1.077
2	2.131	1.357	1.386
3	1.446	1.33	1.312
average	1.685	1.355	1.258
municipal area average	1.527		
Detached (Other result)	3.3		
Apartment (Other result)	1.0		
Restaurant (Other result)	1.2		

[Table 3] Transporting Velocity of Collecting Vehicle(Rural Area)

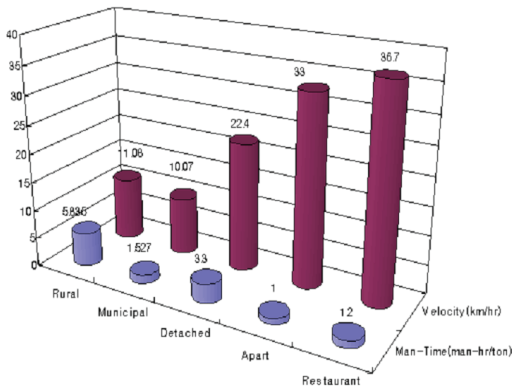
	Distance (km)	Time (hr)	Velocity (km/hr)
1-spot	66+56+58	5.617+5.167+5.667	10.94
2-spot	56+38+59	4.95+4.917+5.53	9.94
3-spot	76+84+75	6.617+6.417+6	12.35
Rural area	11.08		
Detached (Other result)	7.4	0.33	22.4
Apartment (Other result)	7.6	0.23	33.0
Restaurant (Other result)	7.7	0.21	36.7

료된다. [Fig. 1]은 [Table 1], [Table 2], [Table 3], [Table 4]의 데이터를 최종 수치만

을 가지고 도식화 하였다.

[Table 4] Transporting Velocity of Collecting Vehicle(Municipal Area)

	Distance (km)	Time (hr)	Velocity (km/hr)
1-spot	80+56+80	9.83+6.5+7.67	9.0
2-spot	76+76+77	8+7.67+8	9.67
3-spot	129+85+92	9.5+8.67+8.33	11.55
Municipal area		10.07	
Detached (Other result)	7.4	0.33	22.4
Apartment (Other result)	7.6	0.23	33.0
Restaurant (Other result)	7.7	0.21	36.7



[Fig. 1] Comparison of waste collecton factors.

4. 결론

본 연구는 제주도의 폐기물의 수거에 소요되는 인력과 장비 및 소요시간과 수집차량의 운반속도 등의 수거 시스템을 분석하기 위하여 1개 시와 1개 군을 대상으로 수거체계를 분석하고 현장조사를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 군지역의 폐기물 1톤당 인력시간 소요량은 전체평균 5.835인·시/톤을 보여 전체평균 1.527인·시/톤을 나타낸 시 지역 보다 4배 정도의 인력과 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 군지역이 시지역보다 지리적인 여건으로 인하여 소요 인력과 시간이 많이 필요하기 때문으로 판단된다.
- 2) 운반속도에서는 군 지역과 시지역이 11.08km

/h와 10.07km/h로서 비슷한 수치를 나타내었으며 타 지역 시도의 음식점소(36.7km/h), 아파트(33.0km/h), 단독주택(22.4km/h)보다 1/2에서 1/3로 운반속도가 낮게 나타났음을 알 수 있다.

- 3) 즉, 폐기물 수거 시스템 분석을 종합한 결과 아파트, 단독주택, 음식점소 밀집지역으로 구분하여 수거하는 대도시지역과 그렇지 않은 지역과의 차이가 명확히 나타남을 알 수 있었으며 제주도의 도로와 주택지역구조 특성상 접근 도로가 수집차량의 통행에 불리한 영향도 작용한 것으로 판단되어진다.
- 4) 본 연구에서는 2개 지역만을 대상으로 극히 작은 수거횟수에 대해 조사한 결과이므로 대표성 있는 수거요소들을 산정하려면 후속적인 체계적 수거인력 시스템분석이 필요하다고 사료되며 인구밀집 지역과 아파트 지역을 구분하여 지역특성에 따라 인력시간 소요량, 수집차량의 운반속도, 차종별 하차 시간을 공통적으로 분석할 필요가 있다고 보여진다.

사사

본 연구는 2004년도 제주지역 환경기술개발센터 연구개발사업에 의해서 시행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 환경부, 환경백서 (2008).
2. 정혜영, 권성환, 이제효, 한순금, 군정안, 전은정, 송오용, 유나영, 이기형, 윤종현, 김태균, 이동훈, “음식물류폐기물 발생량 산정에 관한 고찰”, 한국폐기물학회, 추계학술발표회, pp. 66~69 (2004).
3. 허목, “제주도 광역폐기물 소각시설 건설에 따른 쓰레기 성분분석 조사연구용역” p. 13 (2002).
4. 田中 勝, “廢棄物處理總論-廢棄物工學の原理と廢棄物處理の問題”, 에스·ティー·에스, pp. 186~188 (1998).
5. 허목, 고기석, “도시지역 발생 생활폐기물의 물리·화학적 특성”, 한국폐기물학회지, 21(2) pp. 152~161 (2004).
6. 신항식, 황응주, 강호, 이시진, 장원, “퇴비화 촉진을 위한 쓰레기 수거체계의 확립”, 유기성 폐기물자원화, 3(2) pp. 25~36 (1995).

