

〔논문〕

차량수거 곤란지역의 음식물쓰레기 수거인력 평가 - A지역을 중심으로 -

Estimation of Labor Requirements for Food Wastes Collection in Vehicle-Inaccessible Zone - In the Case of an Autonomous Ward in Seoul -

유기영* · 김부겸** · 이종규***

목 차

- | | |
|----------------------|--------------------|
| I. 서론 | Ⅲ. 수거이론의 적용결과 및 고찰 |
| Ⅱ. 수거에 관련된 이론 및 연구방법 | Ⅳ. 결론 |

ABSTRACT

Kee-Young Yoo · Boo-Kyum Kim · Jong-Gyu Lee

Generally, collector requirements in wastes gathering are measured by 'loading time' per weight or per wastebin. This man·hour or loading time indicator, however, barely reflect seasonal variation, daily fluctuation, and neighborhood characteristics that greatly influence wastes volume. This study tries to examine a new indicator which can closely estimate numbers of collectors. Focus is placed on the field survey used a new indicator, 'total distance in waste collection' to estimate the numbers of waste collectors more accurately. Information and data as well as numerical expressions are also provided. A field survey is performed. The subject area of investigation includes detached housing alleys in an autonomous ward in Seoul. A result of new 'distance' indicator calculates 17,200 meters of an average daily walked distance per collector, 43 meters per minute of an average speed, and 1 to 1.9 of an average ratio between walked distance to straight distance of the alleys. Applying new 'distance' indicator, it can be easily measured the actual alley distances by GIS maps without cumbersome field surveying of the distances. The detached housing areas in the autonomous ward as a whole are required 9.17 collectors to haul all food wastes every two days a week. The collectors are proportionally needed by frequency in collecting wastes. By contrast, numbers of collectors resulted from loading time per weighed wastes

* 서울시정개발연구원 도시환경연구부 연구위원

** 서울시정개발연구원 도시환경연구부 위촉연구원

*** 서울시정개발연구원 도시경영연구부 연구위원

are increased but simultaneously the collecting frequencies are decreased. Numbers of collectors based on loading time per wastebin are dependent on numbers of wastebin, which causes unstable results compared with the results from length of pathway. Finally, it is recommended to prepare more diverse sets of 'walking coefficients' and 'walking speed' indicators that more reflect neighborhood characteristics.

키워드(Key Words): 지표, 수거인력, 직선거리, 이동거리, 이동계수, 이동속도, 지리정보시스템, indicator, collector, straight distance, walked distance, walking coefficient, walking speed, GIS

I. 서론

1995년 1월부터 전국적으로 실시된 쓰레기종량제에 힘입어 혼합쓰레기의 양이 절대적으로 줄어든 반면에 음식물쓰레기의 양은 상대적으로 증가하여 매립지 또는 소각시설의 인근에서 많은 민원이 제기되었다. 음식물쓰레기에 의해 악취발생이 늘었고 소각시 불완전연소에 의한 다이옥신 등 유해물질의 생성가능성이 그 만큼 증가했기 때문이었다. 이에 정부에서는 폐기물관리법 시행규칙을 개정하여 2005년부터 시(市)정부로 하여금 관할 구역에서 발생하는 모든 음식물쓰레기에 대한 매립지의 직매립을 금지시켰으며, 이 규정에 대응하고자 지방자치단체들은 음식물쓰레기의 처리시설 확보와 수거체계 구축에 매진하고 있다.

음식물쓰레기를 수거하려면 인력과 장비가 필요한데, 인력과 장비의 수량 및 종류는 수집지역의 장비 접근성, 후속되는 처리방법, 주민의 편리성 등에 의해 영향을 받는다. 수집차량의 접근이 용이하지 않은 지역은 작은 차량과 많은 인력을 투입해야 하는 반면, 접근성이 좋은 지역은 큰 차량과 적은 인력으로 수집작업이 가능하다. 음식물쓰레기의 신선도가 요구되는 처리방법에서는 자주 수거해야 하는 반면, 신선도의 유지가 중요하

지 않은 처리방법에서는 수거횟수를 줄일 수도 있다. 그러나 음식물쓰레기를 배출하는 주민의 입장에서 쉽게 부패하여 보관이 어려운 음식물쓰레기를 자주 수거해 주기를 원한다. 이상의 수거여건 중에서 장비의 접근성은 음식물쓰레기의 수거를 담당하는 청소조직이 인위적으로 결정할 수 없는 해당 지역의 도로여건이나 건물들의 배치형태에 의해 이미 결정된 영향인자라고 볼 수 있으며 수거횟수는 처리방법이나 주민의 편리성을 고려하는 정책결정자의 판단에 의해 변동될 수 있는 영향인자라고 할 수 있다.

음식물쓰레기를 포함하여 모든 쓰레기의 수거에 필요한 인력과 장비소요량의 산출에는 주로 쓰레기의 단위무게나 부피당의 인력과 장비소요량 또는 쓰레기배출함당 수집시간을 조사하고 이를 유사한 특성의 타지역으로 확대·해석하여 평가하는 방법이 많이 활용되고 있다. 쓰레기의 무게는 모든 처리시설에서 수집·운반수수료나 처리수수료를 징수하거나 처리량을 파악하기 위한 목적으로 수거차량에 실린 쓰레기량을 측정하고 있어서 자료의 확보가 용이하다. 쓰레기배출함의 수는 각각의 배출원이 동일한 크기의 배출함을 사용할 경우 인력과 장비소요량 산출기준으로 적합하다. 그러나 이러한 방법들은 단순한 만큼 오류를

유발하기 쉬운데 쓰레기량이나 쓰레기배출함의 수는 지역적, 계절적으로 변동할 수 있으며 수거 횟수가 늘어나거나 줄어드는 경우에도 음식물쓰레기 배출량은 일정하므로 동일한 인력 및 장비가 필요한 것으로 평가될 수 있다. 모든 쓰레기의 배출원은 배출원과 간선도로를 연결하는 접근통로에 연이어 서있다. 수집인력과 차량은 쓰레기 배출 여부에 관계없이 정해진 수집시간에 그 통로를 이동하면서 쓰레기를 수집하며 그러한 통로는 대규모 지역개발사업이 없는 한 쉽게 변하지 않는 특성이 있다. 근래에 중앙정부나 일부 지방자치단체는 행정정보의 전산화 작업을 추진중이며 그 중에는 지역의 지리정보도 포함되어 있다. 또한 지리정보를 활용할 수 있는 프로그램이 발달하여 지리정보시스템이 전산화된 곳에서는 비교적 짧은 시간에 쓰레기를 수집할 인력 및 장비의 이동통로를 파악할 수 있게 되었다.

이에 본 연구에서는 수집도로의 길이를 활용하여 쓰레기 수집인력을 산정하는 방법을 개발하고자 수거작업을 해석하는 방법을 정립하고 실제로 현장에 적용하여 효용성을 평가하는 연구를 인력수요가 많은 단독주택을 대상으로 수행하였다.

이러한 연구는 이미 수거체계가 구축된 곳에는 활용인력의 적정여부를 판단할 수 있게 할 것이며, 새롭게 수거체계를 구축해야 하는 경우에는 확보해야 할 신규인력의 수에 관한 정보를 제공할 것이다. 또한 여기에 장비소요량과 비용요소가 가

미되면 수거에 소요되는 비용의 산정이 가능하며 배출자가 부담해야 할 수수료를 산정하거나 수거업무를 민간부분에 위탁하고자 하는 경우에 서비스 제공비용의 산정도 가능할 것이다.

II. 수거에 관련된 이론 및 연구방법

1. 기존의 수거시스템 해석방법

다양한 형태의 수거시스템에 소요되는 인력과 장비소요량을 산정하려면, 기본적으로 수거단계별 시간분석이 필요하다. 이러한 과정은 범용적으로 활용할 수 있는 설계자료를 만들 수 있고 특정지역에서의 수거행위와 관련된 변수(factors)를 파악할 수 있게 한다. George Tchobanoglous 등(1993)¹⁾은 수거단계를 수집(pickup), 운반(haul), 하차(at-site), 부대행위(off-route)로 구분하고 있다. 수거단계의 변수는 수거시스템에 따라 다른데, 크게 견인컨테이너시스템(hauled container system)과 정지컨테이너시스템(stationary container system)으로 구분된다. 우리나라의 경우 음식물쓰레기의 수거는 문전수거와 소형수집함 수거시스템이 있는데, 후자는 외국의 정지컨테이너시스템과 유사하다. 따라서 정지컨테이너시스템의 경우를 가정하여 수거단계별 소요시간을 정의하면 다음과 같다.

- 수집시간(Pscs) : 수집차량이 첫 번째 수집현장에 도착한 시간부터 차량의 적재용량을 채

0) George Tchobanoglous 등은 수거시스템의 유형을 이동식 컨테이너시스템과 정지식 컨테이너 시스템으로 구분하고 각각 해석할 수 있는 모형을 제시하고 있다(Integrated Solid Waste Management, McGraw-Hill, Inc., 1993). 이러한 해석방법은 우리나라의 아파트단지나 대형건물의 컨테이너 수거방식에 적용가능하며, 음식물쓰레기의 경우에는 중간수집함에 음식물쓰레기를 배출하는 경우에 적용할 수 있다.

운 마지막 수집현장에서 상차를 완료하기까지의 시간

- 운반시간(h) : 마지막 수거현장에서 수집을 완료한 시점부터 처리장 또는 적환장까지의 이동시간과 음식폐기물의 하차를 완료한 후부터 처리장에서 다음 수집경로의 첫 번째 수집현장에 도착하는 데 소요되는 시간들의 합
- 하차시간(s) : 수집차량에 적재된 음식물폐기물을 적환장 또는 처리장의 지정장소에 투입하는 시간 및 계량, 대기 등에 소요되는 시간들의 합
- 부대행위 시간(off) : 작업시간 전후의 점검시간, 회의시간, 차량수리시간, 점심시간, 불필요한 개인행동시간 등의 합

따라서 수집차량 1대의 1회 수거시간(T_{hcs})은 <식 1>과 같이 표현되고 수집차량 1대의 1일 수거횟수(N_d)는 1일 순작업시간(T_d)을 수거시간으로 나누어 <식 2>와 같이 정리된다.

$$T_{hcs} = P_{scs} + h + s \dots\dots\dots <식 1>$$

$$N_d = T_d / T_{hcs} \dots\dots\dots <식 2>$$

<식 1>에서 운반시간은 운반거리와 운반속도에 영향을 받으며, 운반속도는 지역특성에 따라 일정하다고 할 수 있다. 하차시간은 동일한 처리장을 활용할 경우 차량 적재량(Q_v)의 영향을 받는다.

수집시간(P_{scs})은 수거요소를 보다 세분할 경우 <식 3>과 같이 순수수집시간(P_{scsn})과 현장이동시간(P_{scsm})으로 구분할 수 있다. 순수수집시간은 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 표현된다. 이러한 방법은 수집차량이 음식물쓰레기 배출지점까지의 접근이 가능한 경우에 활용할 수 있으며 우리나라에서는 아파트지역, 차량진입여건이 양호한 단독주택지역이나 음식업소 밀집지역 등에 적용 가능하다. 인천남동구(2001. 9)에서는 이러한 방법을 이용하여 수집인력 및 장비를 산정한 바 있다.²⁾ 결국 이 해석방법을 활용하려면 쓰레기의 양이나 상차 대상물량, 적재속도, 차량이동속도, 처리장까지의 거리 등에 관한 정보가 필요하다.

$$P_{scs} = P_{scsn} + P_{scsm} \dots\dots\dots <식 3>$$

$$P_{scsn} = P_{nt} \times P_n \dots\dots\dots <식 4>$$

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

문전수거와 같이 배출지점이 연속하여 있는 경우 또는 <식 4> 및 <식 5>와 관련하여 세분된 자료를 확보할 수 없을 경우에는 수거량을 이용하여 수집시간을 산정할 수 있으며, 이 경우에는 <식 6>과 같이 수집차량 적재량(Q_v), 1톤당 인력 시간소요량($Q_{manhour}$), 수집인력수(n_c)의 관계로부터 구한다. 그리고 일정 지역에서 발생하는 일정량의

2) 인천 남동구에서는 음식물쓰레기 수거원가를 산정하기 위해 음식물쓰레기의 배출원을 단독주택지역, 아파트지역, 음식업소지역으로 구분하고 아파트지역, 음식업소지역, 차량수집이 가능한 단독주택지역에 대해서는 음식물쓰레기 수거작업의 동태를 차량 중심으로 현장접근시간, 수집장소에서 수집시간, 수집장소간 이동시간, 운반시간, 적환시간 등으로 구분하여 조사를 실시하였다. 그러나 차량진입이 어려운 단독주택의 경우에는 일정지점에서 음식물쓰레기가 미리 수집되고 이를 차량에 적재하는 단계로 작업이 이루어지는데, 이때 소요되는 인력을 파악하기 위해 100리터 이상의 수집용기를 이용하여 미리 산정할 때 통 1개당 수집소요시간을 조사하여 보완하는 방식을 활용하였다(음식물쓰레기 수거·처리 대행료 산정관련 연구보고서, 2001. 9).

쓰레기(Q_T)를 수거하는 데 소요되는 수집인력의 수(n_T)는 <식 7>과 같은 관계식에 의해 산정이 가능하게 된다.

$$P_{scs} = Q_v / n_c \times Q_{manhour} \dots\dots\dots <식 6>$$

$$n_T = Q_T \times Q_{manhour} / P_{scs} \dots\dots\dots <식 7>$$

<식 7>과 유사한 방법으로 각 배출원에서 배출한 배출함의 총수(Q_{bT})와 배출함 1개의 수집 또는 상차에 소요되는 시간(Q_{bhour})에 의해 일정지역의 쓰레기수거에 필요한 수집인력의 수(n_T)를 <식 8>과 같은 관계에 의해 산정할 수도 있다.

$$n_T = (Q_{bT}) \times Q_{bhour} / P_{scs} \dots\dots\dots <식 8>$$

이 해석방법을 활용하기 위해서는 수거대상지역의 쓰레기량이나 수거통의 개수, 인력시간소요량 등에 대한 정보가 필요하다. 서울시(1994. 5)는 이러한 방법을 일반폐기물의 수거인력의 적정과업량 산정에 활용하였다. 이때, 인력시간소요량은 수거인력 1인의 월적정수거량으로 표시하였고, 쓰레기의 배출원을 단독주택, 아파트, 연립다세대, 사업체로 구분하고 수거량을 산출하였다.³⁾

유기영 등(2001)은 이상의 방법을 이용하여 단독

주택지역, 아파트지역, 음식업소밀집지역에서 1톤의 음식물쓰레기를 수거할 때 소요되는 시간을 산정하고 지역간의 차이를 비교한 바가 있다.⁴⁾ 그리고 서울시(2001. 1)에서도 이와 유사한 방법으로 생활폐기물의 종류별 청소원가를 산정한 바가 있다⁵⁾.

2. 본 연구의 수거시스템 해석방법

이상에서 기술한 기존의 수거시스템 해석방법은 크게 두가지로 구분된다. 하나는 수거차량의 이동형태를 중심으로 해석하는 방법<식 1>~<식 5>이고, 또 하나는 수집인력의 수집가능량을 중심으로 해석하는 방법<식 1>, <식 6>~<식 8>이다. 어느 방법이든 수집인력의 수는 산출이 가능한데, 전자의 경우는 수집시간(P_n)이 후자의 경우 1톤당 인력소요량($Q_{manhour}$) 또는 적재시간(Q_{bhour})이 배출함 1개의 수집인력의 산출을 가능하게 하는 연결점이다.

그러나 전자의 경우는 차량의 진입이 어려운 지역에는 활용이 곤란하고, 후자의 경우는 쓰레기의 발생량이나 수거횟수가 달라질 경우에는 다시 1톤당 인력소요량을 조사해야 하는 번거로움이 생겨 본 연구에서는 수집인력이 실제로 이동해야 하는 도로의 길이를 수집인력 해석을 위

3) 주택은 다시 연탄사용여부에 따라 세분되었다. 이 방법은 수집인력 산정에 소요되었으며, 수집차량 및 관련인력과 수송차량 및 관련인력은 별도의 방법에 의해 산정되었다.

4) 유기영·최광수는 음식물쓰레기의 수거지역을 단독주택지역, 아파트지역, 음식업소밀집지역으로 구분하고 각 지역의 음식물쓰레기 수거조직의 작업동작을 수집차량 기준으로 분석하여 순수수집시간, 처리시설로의 운반시간, 하차시간으로 구분하였다. 그 결과에 따르면 2.5톤 차량으로 1인의 수집인력이 음식물쓰레기를 수집해서 처리시설까지 운반하는 과정에 단독주택지역에는 9.05시간, 아파트지역에는 3.03시간, 음식업소밀집지역에서는 3.49시간이 소요되는 것으로 분석되었다. 수집에 소요되는 시간은 단독주택지역 91.7%, 아파트지역 82.5%, 음식업소지역 86.0%로 단독주택지역에서 수집에 가장 많은 시간이 소요되었으며 어느 지역이든 운반시간이나 하차시간보다는 수집시간(순수음식물쓰레기 상차시간)이 수거시간에 절대적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다(한국유기성폐자원학회지, 제9권 제3호, pp.11~118, 2001).

5) 서울특별시시는 혼합쓰레기, 재활용품, 음식물쓰레기의 수거원가를 산정할 때 소요되는 인력 및 장비를 파악함에 있어 수집쓰레기 1톤당 소요되는 인력 및 장비소요량을 산출하고 이를 일정지역이나 청소조직단위로 확대해석하여 인력 및 장비소요량 그리고 청소원가를 산정하였다(서울시 생활폐기물 청소원가 분석연구, 2001. 1).

한 기준자료로 활용하겠다는 것을 서론에서 기술하였다. 특히 차량진입이 원활하지 못한 지역에서는 수집인력의 수집시간이 전체 수거시간에 차지하는 비중이 매우 높으므로 그러한 지역을 중심으로 수거시스템의 해석방법을 구성하였다.

차량진입이 어려운 우리나라 단독주택지역의 수거형태를 볼 때 일정장소에 쓰레기를 모으는 수집단계와 차량에 적재하는 상차단계가 분리되어 운영되는 경우가 많고⁶⁾, 작업점이 연결되는 경우에도 배출원에서 일정장소로 운반하는 과정의 시간이 절대적으로 많이 소요되므로 수집차량은 수집인력의 작업속도에 의해 이동시간이 제한받게 된다⁷⁾. 결국 수집인력이 많이 투입되어 일정장소로 신속하게 쓰레기가 모아지면 수집차량의 작업속도는 증가되고, 수집인력이 적게 투입되어 쓰레기를 일정장소로 옮기는 시간이 길어진다면 수집차량의 작업속도도 느려질 수밖에 없다.

이에 본 연구에서 수집인력이 실제로 이동해야 하는 거리를 산정하고 여기에 수집인력의 이동속도를 감안하여 주어진 시간동안에 1인의 수집인력이 담당할 수 있는 수집구역 해석할 수 있도록 하였다. 이

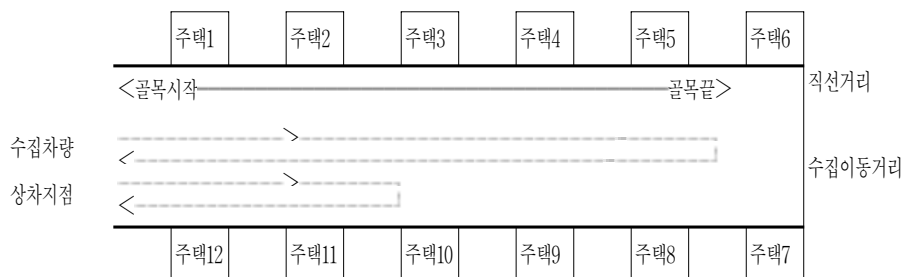
러한 방법을 선택하게 된 이유는 첫째, 차량이 진입할 수 없는 지역의 쓰레기를 수거하고자 할 경우 차량진입이 가능한 지역까지 쓰레기를 사전에 이동시켜야 하며 현재의 수집방식에서는 동일한 구간을 <그림 1>과 같이 중첩해서 이동해야 한다.

둘째, 음식물쓰레기의 양이나 배출함의 개수는 계절별 요일별로 차이가 발생할 수 있으나 수집인력이 이동해야 하는 직선거리는 음식물쓰레기의 양에 영향을 받지 않고 항상 일정하다. 셋째, 근래에 컴퓨터 프로그램의 발달과 행정정보의 전산화에 힘입어 수집인력이 이동해야 할 수거경로의 직선거리 파악이 용이해졌다.

이 방법을 이용할 경우, 청소인력의 수요를 파악하는 방법은 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다. 수집인력 1인의 1일 작업시간(T_{dc})은 수집시간(P_{hcs})과 수집외시간(T_{offr})의 합으로 <식 9>와 같이 표현되며 배출지점이 연속적으로 존재하는 단독주택의 경우에는 수집인력의 1일 이동거리(L_{dmd})와 이동속도(V_c)에 의해 <식 10>과 같이 결정된다.

$$T_{dc} = P_{hcs} + T_{offr} \dots\dots\dots <식 9>$$

$$P_{hcs} = L_{dmd} / V_c \dots\dots\dots <식 10>$$



<그림 1> 쓰레기의 수집을 위한 수집인력의 직선거리와 이동거리

6) 수집인력은 쓰레기를 차량진입이 가능한 일정장소로 미리 운반하고 수집차량은 일정장소에 모아진 쓰레기를 상차해서 처리시설이나 적환시설로 운반한다. 따라서 수집인력과 차량조작은 수거작업시간에 별도로 움직여도 된다.

7) 배출원에서 차량 진입이 가능한 일정장소로 쓰레기 배출시간에 맞추어 차량이 이동하면서 쓰레기를 상차할 경우, 수집인력의 수집속도에 의해 차량의 수거속도가 영향을 받게 된다.

수집인력의 1일 이동거리(L_{dmd})는 수집인력이 이동해야 하는 직선거리(L_{dld})와의 함수로 표현할 수 있으며 양자간에는 어느 정도 중첩해서 이동해야 하는가를 나타내는 이동계수(α)에 의해 <식 11>과 같이 환산이 가능하다. 이때 이동계수(α)는 직선거리(L_{dld})와 같거나 큰 경계조건을 갖는데, 차량 진입이 가능한 경우는 1이 되고 쓰레기를 이동시켜야 할 지점까지의 거리가 멀수록 커진다. 수집시간(P_{hcs})과 직선거리(L_{dld})와는 <식 12>와 같은 관계를 갖게 된다.

$$L_{dmd} = \alpha \times L_{dld}, \alpha \geq 1 \dots\dots\dots <식 11>$$

$$P_{hcs} = \alpha \times L_{dld} / V_c \dots\dots\dots <식 12>$$

이상과 같은 수집인력 1인당 작업형태를 활용하면 쓰레기를 수거해야 할 전지역의 작업인력 산정을 다음과 같은 관계로 해석할 수 있다. 전지역의 쓰레기를 차량진입이 가능한 일정장소로 옮기기 위해 작업인력이 이동해야 할 이동거리를 L_{dmd} 라 한다면 총수집인력(n_T)은 <식 13>과 같이 나타낼 수 있고, 해당지역을 1인이 수거하는 데 소요되는 총시간을 P_{thcs} 라 할 경우에 총수집인력(n_T)은 <식 14>와 같이 표현할 수 있다. 총이동거리(L_{dmd})와 총직선거리(L_{dld})의 관계는 <식 11>과 동일하게 설정된다.

$$n_T = L_{dmd} / L_{dmd} = L_{dmd} / (\alpha \times L_{dld}) \\ = L_{dmd} / (P_{hcs} \times V_c) \dots\dots\dots <식 13>$$

$$n_T = P_{thcs} / P_{hcs} = P_{thcs} / (T_{dc} - T_{offr}) \\ = P_{thcs} \times V_c / (\alpha \times L_{dld}) = P_{thcs} \times V_c / L_{dmd} \dots\dots <식 14>$$

한편 <식 13>과 <식 14>는 전지역을 매일 수거할 때의 해석방법이고 수거간격이 2일(주 3회) 또

는 그 이상으로 늘어날 경우에는 보정이 이루어진다. 즉 수거기간, D_f 에서의 수거인력, n_{Tf} 는 <식 15>와 같이 표현되며, 수거기간(D_f)은 매일 수거의 경우 1, 2일 1회 수거의 경우 2, 10일 1회 수거의 경우 10이 된다. 수거기간(D_f)이 수거인력(n_{Tf})과 산술적으로 역의 관계에 있다는 것은 수거기간만큼 수집구역이 $1/D_f$ 만큼 줄어들고 그에 따라 수집인력의 총이동거리나 총수집시간이 동일비율만큼 줄어드는 것을 의미한다.

$$n_{Tf} = L_{dmd} / (L_{dmd} \times D_f) = P_{thcs} / (P_{hcs} \times D_f) \dots\dots <식 15>$$

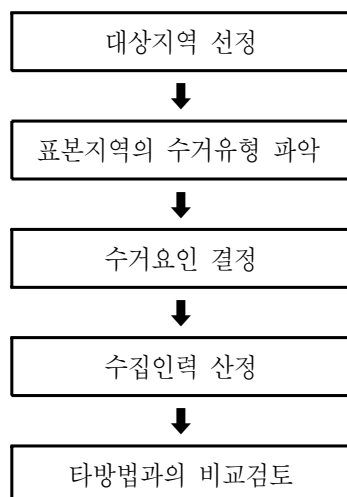
본 연구에서 수집인력의 해석에 활용한 직선거리(L_{dld}) 또는 이동거리(L_{dmd})는 기존의 해석방법에서 인력산정에 활용할 수 있는 수집시간(P_n) 및 1톤당 인력시간소요량($Q_{manhour}$)과 전혀 무관하지 않다. 본 연구에서는 이동거리와 수집인력의 이동속도(V_c)에 의해 인력의 산정이 가능하고, 이동거리와 이동계수(α)의 관계에 의해 산정이 가능한 직선거리에서 쓰레기는 수집해야 할 수집지점의 수나 쓰레기량을 파악하면 수거차량의 이동형태에 의한 해석방법이나 수집인력의 수집가능량에 의한 해석방법에 의해서도 수집인력의 판단이 가능하기 때문이다. 따라서 본 연구에서 활용하는 해석방법은 전혀 새로운 해석방법이기보다는 수집인력이 이동해야 하는 도로라는 보다 안정된 평가기준을 활용한 개선된 방법으로 보아야 할 것이다.

3. 연구수행방법

본 연구에서 제안한 수거시스템 해석방법을 이용해서 수집인력을 산정하려면 먼저 <식 9>의 수집인력 1일 작업시간(T_{dc})과 수집외시간(T_{offr}), <식

10>의 수집인력 이동속도(V_c), <식 11>의 수집인력 이동계수(μ)와 수집인력의 1일 이동거리(L_{dmd})를 결정해야 하고 다음으로 <식 13>에서 요구하는 총이동거리(L_{tdmd}) 또는 <식 14>에서 요구하는 총수집시간(P_{thcs})을 산정해야 한다.

이에 본 연구에서는 우선적으로 해석방법을 적용할 수 있는 음식물쓰레기 분리수거지역을 서울시 25개 자치구 중에서 선택하였고 표본지역의 수거상황을 사전 조사한 후 본 해석방법의 적용에 필요한 각종 인자들을 표본지역에서 산정하였다. 그리고 이를 해당 자치구의 모든 단독주택지역으로 확대하여 음식물쓰레기 수집인력을 산정하였고 마지막 단계에서는 <식 7>과 같이 음식물쓰레기 인력시간소요량을 토대로 수집인력을 산정한 결과 및 <식 8>과 같이 배출함을 토대로 수집인력을 산정한 결과와 본 연구에서 제안한 방법에 의해 산정된 결과의 차이를 비교 고찰하였으며, 본 연구에서 제안한 이론의 한계와 추후과제에 대해서도 논하였다. 연구수행절차는 <그림 2>와 같다.



<그림2> 수거시스템 해석방법

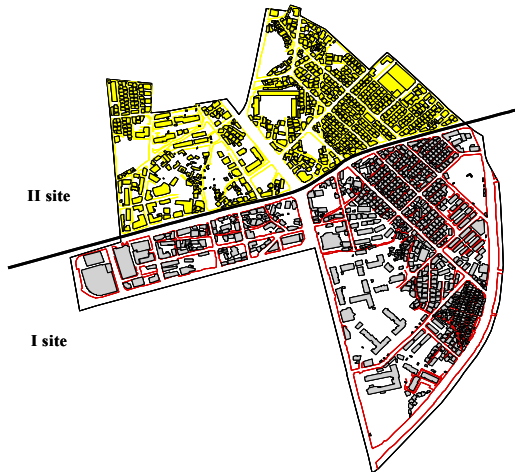
Ⅲ. 수거이론의 적용결과 및 고찰

1. 해석방법의 적용대상지역

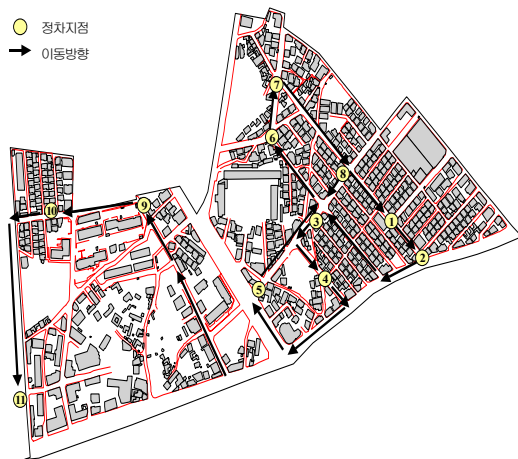
N자치구는 주거중심지역이며 특히 대규모 아파트단지가 발달되어 있고, 아파트와 대·소형 음식점소에서 배출되는 음식물쓰레기에 대해서는 이미 수거체계가 구축된 상태였으며 단독주택지역에서 배출되는 음식물쓰레기에 대해서는 수거체계를 구축하지 않는 상태였다. 그렇지만 총 48,786가구의 단독주택 중 약 9%에 해당하는 4,285가구를 대상으로 음식물쓰레기를 수거하기 위한 시범사업을 실시하고 있었으며 그 결과를 활용하여 전 단독주택지역으로 음식물쓰레기 수거를 확대한다는 계획을 수립하고 있었다. N자치구의 단독주택은 14개 행정동에 산재하고 있었고 이곳에서 배출되는 혼합쓰레기는 4개의 민간위탁업체에 의해 수거되고 있었다. 따라서 음식물쓰레기의 수거가 모든 단독주택으로 확대된다면 4개의 민간위탁업체가 자신들이 담당하는 혼합쓰레기의 수거권역에 일치시켜 음식물쓰레기를 수거할 가능성이 높았다.

N자치구의 S동은 <그림 3>과 같이 동서로 관통하는 지하철선로 지상구간에 의해 남북으로 분할이 가능하였다. 단독주택지역은 골은 이면도로에 의해 장방형으로 블록화되어 있었고, 음식물쓰레기는 6리터 용량의 플라스틱용기에 담겨 출입문 앞에 배출되었다. 출입문 앞 접근도로는 4~5m 정도의 폭을 유지하고 있었으나 전봇대와 주차차량에 의해 음식물쓰레기 수거차량의 진입이 불가능하였다. 이에 수집인력은 120리터 용량의 음식물쓰레기 전용수집함을 휴대하고 출입문 앞 플라스틱용기에 담긴 음식물쓰레기를 전용수집함에 옮겨 담은 후

차량진입이 가능한 일정지역까지 운반하는 형태로 음식물쓰레기를 수집하였다. <그림 4>는 지하철선로 지상구간의 북단지역에서 수집차량의 음식물쓰레기 적재지점을 보여주고 있으며 총 11개소였다.



<그림 3> 표본지역의 단독주택 및 도로분포 상황



<그림 4> 수집차량의 음식물쓰레기 적재지점

N차치구는 표본지역의 음식물쓰레기 수거를 위해 2.5톤의 수거차량과 2인의 수집인력 그리고 1인의 차량운전원을 활용하였으며 지하철선로 지상구

간을 기준으로 S동을 남북으로 구획하고 2일 1회의 간격으로 음식물쓰레기를 수거하였다.

2. 수거요인 결정

1) 수집인력 이동속도

수집인력의 이동속도(V_c)는 수집인력이 단독주택지역의 문전에 배출된 음식물쓰레기를 120리터 용량의 전용수집함에 담고 수집함이 채워지거나 인근에 수거할 음식물쓰레기가 더 이상 없을 경우 수집함을 수거차량으로 이동하여 상차하는 등의 수거작업을 위해서 이동하는 총거리를 소요되는 총시간으로 나누어 산정하였다. 현장조사에서는 수집인력 2인과 조사원 2인이 함께 이동하면서 수집인력의 이동거리와 이동시간을 측정하였다. 조사원은 도보측정기와 스톱워치를 휴대하였으며 주중의 특성을 반영할 수 있도록 월요일, 수요일, 금요일 등 총 3회에 걸쳐 조사를 실시하였다. 또 다른 조사원 1인은 차량과 함께 이동하면서 차량의 이동상황을 체크하였다. <표 1>에는 조사결과와 이동속도(V_c)의 산정결과를 정리하였고, 3회 측정결과와 평균값은 43m/min, 즉 음식물쓰레기를 수거하기 위해 1분당 43m의 속도로 이동하는 것으로 나타났다. 흥미로운 사실은 금, 토, 일요일의 3일분의 음식물쓰레기가 배출되는 월요일의 이동속도와 2일분의 음식물쓰레기가 배출되는 수요일이나 금요일의 이동속도가 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 즉, 음식물쓰레기의 배출량이 매일 동일하고 할 경우 월요일의 배출량은 수요일이나 금요일 배출량보다 33% 정도 많이 발생하지만 월요일의 수집인력 이동속도는 수요일의 이동속도와 비교해서 약 6%, 금요일의 이동속도와 비교하여 2% 정도

감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 수집인력의 이동속도가 음식물쓰레기의 배출량에 의해 크게 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있었다.

〈표 1〉 수집인력 이동속도 산정결과

구분	이동거리 (A, m)	이동시간 (B, min)	이동속도 (V _c , m/min)
금요일	18,219	422	43
수요일	16,802	378	44
월요일	16,782	402	42
평균	17,267	401	43

주 : 2인이 작업한 결과이며 $V_c = A/B$

2) 수집인력 이동계수

수집인력 이동계수(Ⅱ)는 수집인력이 주택의 출입문에 배출된 음식물쓰레기를 차량진입이 가능한 지점까지 운반하는 과정에서의 이동거리와 그러한 도로의 실제 직선거리의 비를 의미한다. 표본지역의 수집인력 이동거리는 <표 1>에서 17,267m로 현장조사 결과를 통해서 이미 기술하였고 직선

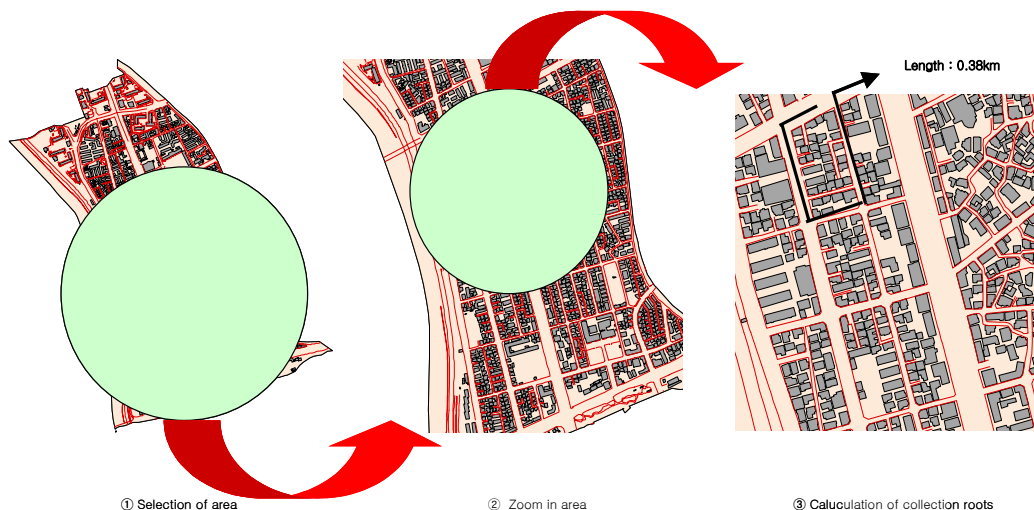
거리는 서울시에서 구축한 공간정보자료시스템 (Geographic Information System ; GIS)을 이용하여 분석하였다. 사용된 프로그램은 ArcView GIS 3.2버전으로 이 프로그램을 활용하면 <그림 5>와 같이 수집인력이 반드시 이동해야 할 동선의 측정이 가능하므로 원하는 지역의 단구간 거리와 전체 거리의 산정이 가능하다.

이 방법을 활용한 결과, S동의 음식물쓰레기 수거를 위해 이동해야 할 동선의 직선거리는 9,090m로 측정되었고 수집인력 이동계수(Ⅱ)는 <표 2>와 같이 1.9로 산정되었다. 수집인력의 이동계수인 1.9라는 것은 직선거리 100m인 골목에 배출된 음식물쓰레기를 차량적재지점까지 운반하기 위해서 수집인력은 190m의 거리를 이동해야 한다는 의미를 담고 있다.

〈표 2〉 수집인력 이동계수 산정결과

이동거리(A, m)	직선거리(B, m)	이동계수(Ⅱ)
17,267	9,090	1.9

주 : $\text{Ⅱ} = A/B$



〈그림 5〉 GIS를 활용한 수집인력이 이동해야 할 동선의 직선거리 측정 예

3) 작업시간 및 수집외시간

수집인력의 1일 작업시간은 1일 근무시간을 의미하며, 수집시간과 수집외시간으로 구성된다. 차량수집을 하는 경우에는 차고에서 현장, 현장에서 처리시설 또는 적환시설 등으로의 이동시간이 작업시간에 포함되어야 하나 차량진입이 곤란한 단독주택지역에서는 차량인력과 수집인력이 독자적으로 움직인다. 따라서 이러한 경우에 작업시간은 수집시간과 수집외 시간으로만 구성하였다. 우리나라 근로자의 1일 근무시간은 8시간이며 일반적으로 휴식을 위해 시간당 10분 정도의 휴식시간을 제공한다. 이러한 사실에 입각하여 작업시간을 세분화하면 1일 작업시간(T_{dc})은 8시간 또는 480분, 수집시간(P_{hcs})은 6.7시간 또는 400분, 수집외시간(T_{offr})은 1.3시간 또는 80분으로 산정되었다⁸⁾.

4) 수집인력의 1일 이동거리

수집인력의 1일 이동거리(L_{dmd})는 1일 수집시간(P_{hcs})과 수집인력의 이동속도(V_c)의 곱에 의해 산정되며 <표 3>과 같이 1일 17,200m로 나타났다.

<표 3> 수집인력 1일 이동거리 산정결과

수집시간 (A, min)	이동속도 (B, m/min)	1일 이동거리 (L_{dmd} , m)
400	43	17,200

주 : $L_{dmd} = A \times B$

3. 수집인력 산정

수집인력 산정에는 <식 15>를 활용하였다. 수집인력의 총이동거리(L_{tdmd}) 산정에 필요한 수집인력 이동계수(α), 수집인력 이동속도(V_c) 등은 현장조사를 통해 나타난 수집요인들의 산정결과를 활용하였고 행정동별 총직선거리(L_{tdld})는 GIS를 활용하였다. 수거빈도를 나타내는 수거일수(D_f)는 현재 표본지역의 수거형태인 2일(주 3회)로 하였다. 그리고 N자치구 14개 행정동 일반주거지역의 혼합쓰레기 수거가 4개의 민간위탁업체에 의해 이루어지고 있으므로 수집인력 산정시 각 업체별 인력수요를 파악하기 위해서 행정동을 업체별 담당구역으로 분류하여 수집인력의 수요를 평가하였다. 수집인력의 산정결과, A업체는 2.32명, B업체는 2.85명, C업체는 2.06명, D업체는 1.92명 등 총 9.17명의 인력이 N자치구 14개 행정동의 단독주택에서 배출되는 음식물쓰레기를 2일 간격으로 수집하는 데 필요한 것으로 나타났다. 그러나 인력산정에 있어 소수점이하의 인력은 내림이나 반올림하는 등의 방법으로 처리할 수 없으므로 올림으로 처리하면 실제로 N자치구의 음식물쓰레기를 수거하는 데 있어 4개 민간위탁업체는 총 11명의 인력을 필요로 하는 것으로 나타났다.

8) 서울특별시 청소사업본부(1994. 5)에서 환경미화원 적정과업량을 평가할 때에는 각 자치구 청소인력의 직무분석을 통하여 월 또는 일 작업가능시간을 산정하였다. 이 방법에서 월 총근무시간은 240시간(30×8시간)이었으며, 수거작업 외에 쓰레기상차 등의 직접업무, 적환장 정리시간 등의 간접업무, 정기휴일 등의 여가시간 165.4시간을 제외함으로써 실제로 수거작업에 투입되는 시간은 월 75.5시간, 일평균 2.52시간으로 나타났다. 본 연구에서 이러한 방법을 활용하지 않는 것은 근래에 수거업무가 인력을 치밀하게 활용하는 민간기업에 위탁하는 추세이고, 본 연구의 적용대상지역은 수집기능과 운반기능이 분리되어 직접업무, 간접업무 등의 시간이 상대적으로 낮기 때문이다. 만약 이러한 부분을 상세하게 반영해야 한다면 총인력을 산정한 후에 직접업무, 간접업무, 여가시간을 감안한 산정절차가 별도로 필요하게 된다.

4. 타방법과의 비교검토

1) 수집량에 의한 방법과의 비교

<식 7>은 음식물쓰레기 1톤의 수집에 소요되는 인력시간($Q_{manhour}$)과 어떤 지역의 음식물쓰레기 총 발생량(Q_T) 그리고 수집인력의 1일 수집시간(P_{scs})을 이용하여 총수집인력을 산정하는 방식이라고 이미 기술하였다. 이 방법에 의해 산정된 수집인력 산정결과와 본 연구에서 제안한 인력산정결과를 비교하기 위해 <표 2>와 같은 2일(주 3회) 수거의 조건에서 산정된 인력을 활용하여 <식 7>에 필요한 수거요소들을 도출하였다. 여기에서는 음식물쓰레기의 수거량이 필요하며 이를 위해 현장조사와

정에서 가구당 1일 배출량을 조사하였고 그 결과 0.313kg으로 나타났다. 또 N자치구의 단독주택지역에는 48,751가구가 거주하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 기본자료를 토대로 음식물쓰레기 1톤당 인력시간($Q_{manhour}$)은 <표 5>와 같이 2.01인·시간으로 산정되었다.

<표 5>의 결과를 토대로 산정된 음식물쓰레기 1톤당 인력시간($Q_{manhour}$)과 본 연구에서 제안한 방법으로 음식물쓰레기를 매일 수거할 경우의 수집인력을 산정해보면 큰 차이를 발견하게 되는데, 인력시간($Q_{manhour}$) 방법에서는 2일(주 3회) 수거조건과 비교하여 매일 수거할 경우의 인력수요가 절반으로 줄었고 본 연구의 제안방법에서는 2배가 늘어

〈표 4〉 N자치구 단독주택 음식물쓰레기 수거인력 산정결과

수집업체	행정동	총직선거리 $L_{tdld}(m)$	이동계수 ■	총이동거리 $L_{tdmd}(m)$	일이동거리 $L_{dmd}(m)$	수거기간 $D_f(day)$	수집인력 $n_{Tf}(인)$	보정인력 (인)
A	G1	17,850	1.90	33,915	17,200	2	0.99	2.32→3
	G2	11,930	1.90	22,667	17,200	2	0.66	
	H1	7,640	1.90	14,516	17,200	2	0.42	
	J4	4,590	1.90	8,721	17,200	2	0.25	
B	S1	17,950	1.90	34,105	17,200	2	0.99	2.85→3
	S4	16,950	1.90	32,205	17,200	2	0.94	
	S5	16,580	1.90	31,502	17,200	2	0.92	
C	S3	12,040	1.90	22,876	17,200	2	0.67	2.06→3
	G3	4,410	1.90	8,379	17,200	2	0.24	
	W4	20,890	1.90	39,691	17,200	2	1.15	
B	S2	9,090	1.90	17,267	17,200	2	0.50	1.92→2
	W1	10,250	1.90	19,475	17,200	2	0.57	
	W2	950	1.90	1,805	17,200	2	0.05	
	JB	14,610	1.90	27,759	17,200	2	0.80	
계		165,730	1.90	314,887	17,200	2	9.17	11

주 : $n_{Tf} = L_{tdmd} / (L_{dmd} \times D_f)$ 또는 $(L_{tdld} \times \blacksquare) / (L_{dmd} \times D_f)$

〈표 5〉 음식물쓰레기 1톤당 인력시간($Q_{manhour}$) 산정결과

n_T (인)	P_{scs} (시간)	Q_T (톤)	$Q_{manhour}$ (인·시간)
9.17 (〈표 4〉 참조)	6.7 (수집시간 참조)	30.5 ($0.313kg \times 48,751가구 \times 2일$)	2.01

주 : $Q_{manhour} = (n_T \times P_{scs}) / Q_T$

〈표 6〉 음식물쓰레기 수거통수 1개당 수집시간(Q_{bhour}) 산정결과

n_T (인)	P_{scs} (분)	Q_{bT} (개수)	Q_{bhour} (분)
9.17 (〈표 4〉 참조)	400 (수집시간 참조)	5,852 (조사결과)	0.63

주 : $Q_{bhour} = (n_T \times P_{scs}) / Q_{bT}$

났다. 반대로 수거기간이 3일 이상으로 늘어나면 인력시간($Q_{manhour}$) 방법에서는 축적된 음식물쓰레기양에 비례하여 소요인력이 늘어나고 본 연구에서 제안한 방법은 수거인력이 줄어든 수밖에 없었다. 자주 수거를 하면 소요인력이 늘고 수거기간이 늘어나면 수거인력이 줄어야 하는 것은 당연한 현상인데 인력시간($Q_{manhour}$)은 이러한 현상을 반영하지 못하고 있는 것이다.

- 매일 수거할 경우의 인력수요

• 인력시간($Q_{manhour}$) 방법

: $15.3톤 \times 2.01인 \cdot 시간 / 6.7시간 = 4.6인$

• 본 연구 제안 방법

: $314,887m / 17,200m = 18.3인$

또한 최근의 환경부의 조사결과에 따르면 가을철 단독주택의 음식물쓰레기 배출량은 봄철과 비교하여 22% 정도 높아지는 것으로 보고되었다

(2002. 11).⁹⁾ 결국 유사한 기간에도 배출량의 변화가 큰 음식물쓰레기의 특성을 감안할 때 인력시간($Q_{manhour}$)을 산정하는 시기에 따라 인력소요량의 산정결과가 달라질 수 있음을 의미하며 이를 극복하려면 평균 배출량에 근접하는 계절에 조사하거나 여러번 조사하여 대표값을 산출해야 한다. 본 연구에서 산정한 수집인력 이동속도(V_c)는 약 33%의 음식물쓰레기 변화에도 약 6% 정도의 편차만이 있음을 〈표 1〉을 통하여 설명하였다. 이것은 본 연구에서 제안한 해석방법과 이를 활용한 수집인력의 산정결과가 매우 안정된 결과를 도출할 수 있음을 보여주는 또 다른 현상이라고 판단된다. 결국 인력시간($Q_{manhour}$)을 활용하여 수집인력을 산정하는 방법은 수거횟수 등의 수거시스템이 정착된 지역에서만 적용가능하고 수거횟수와 음식물쓰레기의 발생량이 다른 타지역에 적용할 때는 주의가 필요하다.

9) 환경부가 2001년을 기준으로 조사한 전국폐기물통계조사보고서(2002. 11)에 따르면 단독주택에서 배출되는 1일 음식물쓰레기의 양이 봄철 0.117kg/인, 여름철 0.119kg/인, 가을철 0.129kg/인, 겨울철 0.106kg/인이라 한다.

2) 배출함수에 의한 방법과의 비교

<식 8>은 음식물쓰레기를 담아 배출한 배출함 1개의 수집에 소요되는 수집시간(Q_{bhour})과 어떤 지역의 음식물쓰레기 총배출함수(Q_T) 그리고 수집인력의 1일 수집시간(P_{scs})을 이용하여 총수집인력을 산정하는 방식이라고 이미 기술하였다. 이 방법에 의해 산정된 수집인력 산정결과와 본 연구에서 제안한 인력산정결과를 비교하기 위해 <표 2>와 같은 2일(주 3회) 수거의 조건에서 산정된 인력을 활용하여 <식 8>에 필요한 수거요소들을 도출하였다. 여기에서는 음식물쓰레기를 배출하는 배출함의 수거가 필요한데, 그 수는 현장조사과정에서 평균 514개로 파악되었다. 이러한 기본자료를 토대로 음식물쓰레기 배출함 1개당 수집시간(Q_{bhour})을 산출한 결과 <표 6>과 같이 0.63분으로 나타났다.

그런데 N자치구와 유사한 수거방법을 활용하고 있는 S자치구의 경우 시행초기에는 총가구수 대비 배출함의 사용률이 80%였다가 일정 시간이 경과한 후에는 50%로 줄었다고 한다. 결국 배출함의 수가 63% 수준으로 줄어든 결과이고¹⁰⁾ 이러한 현상을 N자치구로 연결하여 해석하면 다음과 같이 5.8인의 수집인력이 필요하다는 결과를 보인다.

- 수거통 배출률에 따른 인력수요

- 현 배출함수에서 수집시간(Q_{bhour}) 방법
: $5,852\text{개} \times 0.63\text{분} / 6.7\text{시간(또는 400분)} = 9.2\text{인}$
 - 배출함수 63%에서 수집시간(Q_{bhour}) 방법
: $5,852\text{개} \times 0.63\text{분} \times 63\% / 6.7\text{시간} = 5.8\text{인}$
-

또 배출함의 수는 수거간격이 커질수록 배출함의

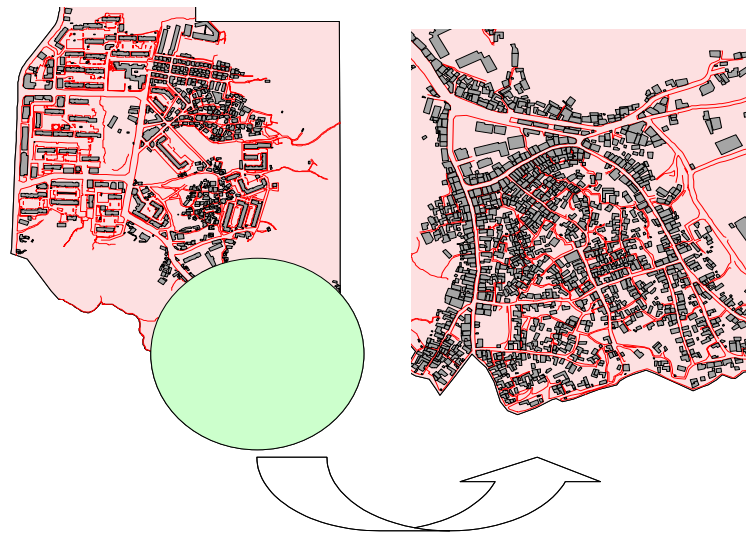
수가 늘어나고 수거간격이 줄수록 줄어드는 현상을 쉽게 예상할 수 있다. 결국 배출함의 수는 배출자들의 성향이나 지역적, 시기적으로 변할 수 있는 지표임에 반하여 본 연구에서 제안한 작업인력의 동선을 이용하는 방법은 가로형태와 같은 안정적이고 변화가 적은 지역적인 인자를 활용한다는 점에서 큰 차이가 있다고 하겠다.

3) 본 연구 제안방법의 향후 보완과제

본 연구에서 제안한 수집인력 산정방법은 두가지 측면에서 보완이 필요하다. 먼저 이미 제시한 해석방법을 적용함에 있어 수집인력 이동계수(α)와 수집인력 이동속도(V_c)와 같은 중요 상수들의 범용성을 확인하고 제한적일 경우 이를 극복할 수 있는 보완연구를 시행하는 것이다. 본 연구에서 산출된 수집인력 이동계수 1.9와 수집인력 이동속도 43m/min은 <그림 2>와 같이 주택지역이 블록화되어 있는 비교적 도시계획이 반영된 평지지역에서 산정된 결과이다. 그러나 우리나라의 도시는 나뭇가지 모양의 길을 따라 주택들이 무질서하게 산재되어 있는 지역들이 많이 있다. <그림 6>과 같은 이러한 지역에서의 음식물쓰레기 수거형태를 본 연구에서 제안한 방법으로 해석할 경우 수집인력 이동계수(α)는 커지고 수집인력 이동속도(V_c)는 작아질 가능성이 있다. 따라서 지역의 도로여건을 보다 세분하여 수집인력 이동계수(α)와 수집인력 이동속도(V_c)를 확립한다면 적용의 범위가 더 넓어지게 될 것이다.

다음으로 보완이 필요한 부분은 수집차량과 같은 수거장비의 이동형태와 연동해서 해석할 수 있

10) 배출함의 수가 줄었다고 하여 음식물쓰레기를 분리하지 않는다는 것은 아니다. S자치구의 경우에는 배출함마다 수수료를 부과한 결과, 배출자들이 수수료 부담을 줄이기 위해 인근 가구와 공동으로 배출함을 사용하는 경우가 늘어난 것으로 판단된다.



〈그림 6〉 고지에 형성된 비계획적 단독주택지역

는 해석방법의 보완 및 정립이 필요하다고 본다. 본 연구에서 제안한 방법은 수집차량의 작업동선이 수집인력의 수집작업에 영향을 미칠 가능성에 대해서는 고려하지 않고 수집인력의 수집작업이 수집차량의 작업동선에 영향을 미치는 경우로 해석하였다. 그러나 수집차량이 적재용량에 근접한 음식물쓰레기를 적재하게 된다면 수집차량은 이를 적환시설 또는 처리시설로 운반해야 하므로 이 시간동안에 수집작업이 중단된다면 <식 9>의 수집시간(P_{hcs})은 단축되어 결과적으로 수집인력의 수요를 늘릴 수 있다¹⁾. 반대로 수집차량의 작업방식이 수집인력의 수집작업을 방해하지 않으려면 많은 수집차량이 필요하게 된다.

IV. 결론

단독주택지역의 음식물쓰레기 수거에 소요되는

수집인력을 평가하기 위해서 수집량방법, 배출함방법 등이 활용되고 있다. 그러나 이러한 기준들은 계절, 요일, 배출자의 성향 등에 따라 변화될 가능성이 높아 본 연구에서는 보다 안정적인 지표인 수거지역의 접근도로를 기준으로 수집인력을 산정하는 해석방법을 제시하고 이를 실제로 적용하여 보았다. 그 과정에서 도출된 주요 결과들은 다음과 같이 정리하였다.

- 1) 본 연구에서 제안한 해석방법은 수집인력의 수요에 영향을 미치는 주요변수로서 수거지역 총접근도로의 길이, 순수집시간, 수거횟수 등을 선정하였고, 지역적인 특성은 수집이동계수와 수집이동속도에 의해 해석이 될 수 있도록 하였다.
- 2) N자치구의 S동을 대상으로 해석방법을 적용한 결과 수집인력의 이동계수(α)는 1.9, 수집인력의 이동속도(V_c)는 43m/min로 나타나, 이러한

0)1) 본 연구에서 조사한 표본지역에서는 1일 수거량이 수집차량 1대의 적재가능량을 상회하지 않았으므로 수집차량의 음식물쓰레기의 운반시간에 의해 수집작업이 중단되는 현상은 발생하지 않았다.

지역에서 수집인력 1인의 1일 이동거리는 17,200m임을 알 수 있었다.

- 3) S동의 조사결과를 활용하여 N자치구 단독주택 지역의 음식물쓰레기를 2일(주 3회)의 수거주기로 수거할 때 소요되는 인력수요를 평가한 결과, 9.17인이 필요하였으며 청소조직의 분할에 의해 실제로는 총 11인의 인력이 필요한 것으로 나타났다.
- 4) 음식물쓰레기의 수거회수를 변화시키면서 수집량을 기준으로 수집인력을 산정한 결과, 수집량 방법은 수거회수가 증가할 때 오히려 수집인력이 감소하는 현상을 보였다. 또 배출함을 기준으로 한 수집인력의 산정결과도 배출함의 수가 시간의 경과에 따라 변화하는 정도로 볼 때 안정되지 못한 결과를 도출시킬 가능성이 높았다. 상대적으로 본 연구의 인력산정기준은 안정된 결과를 보였다.
- 5) 그렇지만 본 해석방법을 적용한 지역과 특성이 다른 지역에도 이 방법을 적용할 경우 동일한 결과를 재현시킬 수 있는가에 대한 확인조사와 다른 결과를 보일 경우 그를 반영할 수 있는 이동계수와 이동속도에 대한 분석자료가 꾸준하게 축적되어야 하며, 수집인력과 수집장비의 소요량을 연동해서 해석할 수 있는 방법의 보완은 앞으로의 과제라고 판단되었다.

참고문헌

- 서울특별시, 『서울시 생활폐기물 청소원가 분석연구』, 2001. 1
- 서울특별시청소사업본부, 『일반폐기물 단계별 처리비용 및 환경미화원 적정과업량』, 1994. 5
- 유기영, 『서울시 자치구의 남은음식물 처리기반 확보방

- 안』, 서울시정개발연구원, 2001
- 유기영·최광수, “음식폐기물 수거요소 분석연구”, 『한국유기성폐자원학회지』, 제9권, 제3호, 2000, pp. 111-118
- 인천광역시 남구, 『음식물쓰레기 수거·처리 대행료 산정 관련 연구보고서』, 2001. 9
- 환경부, 『2001전국폐기물통계조사: 폐기물통계조사데이터』, 2002. 11
- 고용법, 폐기물관리법
- Geoge Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, *INTEGRATED SOLID WASTE MANAGEMENT : Engineering Principlpes and management Issues*, McGraw-Hill, Inc., 1993