

생활폐기물 조사방법 비교연구

유기영 · 박용진 · 이노섭* · 남궁완*

서울시정개발연구원 도시환경연구부, 건국대 환경공학과*

I. 서론

생활폐기물의 발생특성을 분석하기 위해 현장조사를 실시하고, 조사결과를 활용하여 분석대상지역의 대표적인 발생특성을 평가하게 된다. 그런데 전수조사가 아닌 표본조사는 조사방법에 의해 그 결과가 달라지는 경우가 많으며, 구체적으로 발생량의 조사여부, 조사표본 선정방법, 시료채취 지점 등에 의해 분석대상지역의 대표적 발생특성은 달라질수있다. 이에 본 연구에서는 발생원을 주거유형과 사업장의 업종 등으로 구분하고 표본을 선정하여 발생량과 물리적 조성 등을 조사한 경우(발생원조사)와 지역유형을 기능별로 구분하고 생활폐기물의 수집과정에서 시료를 채취하여 조사한 경우(운반과정조사)에 평가된 분석대상지역의 생활폐기물의 발생특성을 비교하였다. 이러한 시도는 각 조사방법의 차이가 평가결과에 어떤 영향을 미치는가를 분석하면서, 동시에 조사목적에 따라 어떤 조사방법이 적절하겠는가를 고찰하기 위해 수행하였다.

II. 연구방법

1. 조사방법

발생원조사는 생활폐기물의 배출원을 주택과 사업장으로 구분하고, 주택의 경우 단독, 아파트, 연립으로, 사업장의 경우 한국표준산업분류법의 대중분류기준과 발생량을 감안하여 1차산업, 건설업, 도소매업, 음식업, 숙박업 등 13개 업종으로 구분하였다. 주택의 표본조사는 서울시 25개 자치구를 발생특성이 유사한 5개 그룹으로 분류하고 그룹별로 1개의 자치구를 선정하였다. 배출량원단위는 연속 1주일간 배출된 것을 계절별로 수거차량단위로 계량하여 산출하고, 물리적 조성은 표본당 100kg 이상(20리터 규격봉투로 20개 이상)을 채취하여 분석하였다. 사업장의 표본은 소분류기준에 입각하여 평균종사자에 근접한 표본을 선정하여 조사했다. 기본가정은 업종별 배출특성은 사업장이 어디에 소재하든 같다는 것이었다. 사업장중 배출량이 많은 음식업소, 숙박업소, 제조업 등은 조사에 큰 무리가 없었다. 그러나 사무기능만이 있는 소규모업소(예를들어 농·임·어업 등)는 배출량의 조사와 일정량 이상의 시료채취가 어려웠다. 이 경우 배출량은 종량제봉투의 연평균 사용량을 별도로 설문조사하여 보완했고, 물리적 조성의 분석용 시료는 일정기간동안 수집을 부탁하여 채취했다^{1,2)}.

<표 1> 조사방법의 비교

| 구분 | 발생원조사 | 운반과정조사 |
|---------|--|--|
| 발생원 분류 | · 주택 : 단독주택, 공동주택 등 · 사업장 : 표준산업분류법에 의한 업종 | · 주택 : 단독주택, 공동주택 등 · 사업장 : 오피스지역, 재래시장 등 |
| 표본선정 | · 주택 : 그룹자치구에서 가장 평균적인 지역 1개씩을 대단위로 선정 · 사업장 : 산업분류법의 중소분류법에 의해 업종별로 3~10개의 범위에서 선정 | · 지역의 용도특성별로 다소를 판단하여 표본수를 선정. |
| 시료채취 | · 주택 : 개별 발생원 또는 배출점 · 사업장 : 표본 사업장 · 시료량 : 주택에서는 충분한 확보가 가능하나 사업장은 규모에 따라 시료확보가 불충분, 가능한 범위에서 표본당 100kg 이상 채취 | · 주택 : 적환장 등 운반과정 · 사업장 : 적환장 등 운반과정 · 시료량 : 사업장이든 주택이든 충분한 시료확보 가능하며, 표본당 100kg 이상의 시료 채취 |
| 발생특성 환산 | · 발생량 : 표본조사결과 x 모집단 · 물리적 조성 : 표본조사결과 x 배출량 가중치 | · 물리적 조성 : 표본조사결과와 가중평균 |

[연락처] (우)100-250 서울시 중구 예장동 산4-5 서울시정개발연구원 도시환경연구부 부연구위원
Tel.: 02-726-1107, Fax.: 02-726-1110, E-mail: keeey@sdi.re.kr

운반과정조사는 배출원을 주택과 사업장으로 구분하고, 주택의 경우 단독주택지역과 아파트지역으로 사업장의 경우 오피스지역과 사무지역으로 구분하였다. 배출량은 별도로 산정하지 않고 각 자치구의 용도지역을 구분하여 활용하였으며, 물리적 조성의 경우 조사표본별 조사결과와 산술평균치를 이용하여 자치구별 대표자료를 산정하였다. 이 경우 표본수가 자치구별 대표특성에 영향을 미치게 되므로 이 문제를 해결하고자 자치구내의 지역별 용도특성을 고려하여 주거기능이 강한 지역에서는 단독주택 6개, 공동주택 2개, 오피스지역 1개, 재래시장 1개 등을 시료채취지점을 선정하고, 상업기능이 강한 지역은 단독주택 3개, 공동주택 2개, 오피스지역 4개, 재래시장 1개 등을 시료채취지점으로 선정했다.

조사는 계절별로 4회 실시되었고, 대표특성은 평균치를 활용하여 계산했다³⁾. <표 1>은 두가지 방법의 차이점을 정리한 것이다.

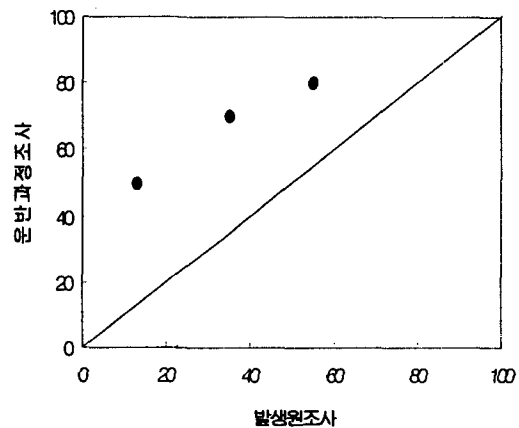
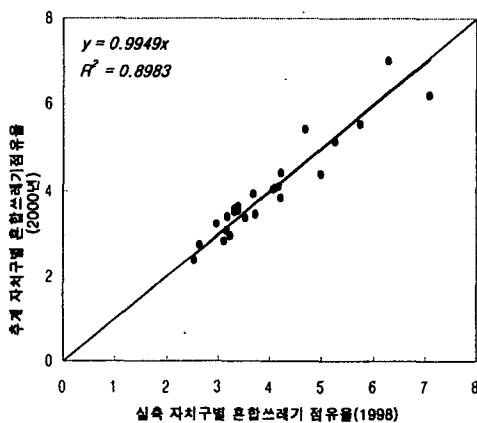
2. 비교항목

조사방법별로 산정된 지역별 대표자료에 대한 비교는 배출량, 물리적 조성에 한정했다. 배출량은 발생원조사의 경우 배출량원단위로부터 총배출량으로 환산된 것이고, 운반과정조사에서는 지역의 용도지역별 면적을 이용하여 산정된 것이다. 따라서 발생원조사의 결과는 그대로 활용하고, 운반과정조사는 용도지역별 표본수를 배출량으로 보고 비교했다. 물리적 조성은 전체적인 상관성과 물리적 조성별 구성비로 구분하여 비교하였다. 비교지역은 조사시점이 일치하는 서울시의 마포구, 용산구, 중구, 영등포구였다. 마지막으로 두가지 조사방식의 장단점을 상호보완적, 발전적으로 활용할 수 있는 측면에서 고찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 배출량 비교

<그림 1>은 발생원조사방법에 의해 산정된 서울시 25개 자치구의 혼합쓰레기 배출량과 소각시설 및 매립지에서 계량된 자료를 이용하여 산정된 각 자치구별 배출량을 자치구별 점유율로 비교한 것이다. 자치구별로 주택유형 및 사업장의 업종이 매우 상이한데도 발생원조사에 의한 배출량추계결과가 비교적 계량자료와 잘 일치하였다. <그림 2>는 배출량조사에서 산정된 주택의 배출량 점유율과 운반과정조사에서 표본수를 토대로 산정된 배출량의 점유율을 비교한 것이다. 용도지역의 면적을 토대로 산정된 주택의 혼합쓰레기 점유율이 배출원조사에서 나타난 점유율보다 높게 평가된 것으로 나타났다.

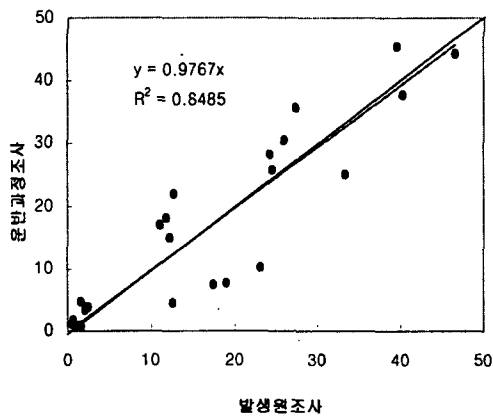


<그림 1> 발생원조사방법에 의한 배출량 비교

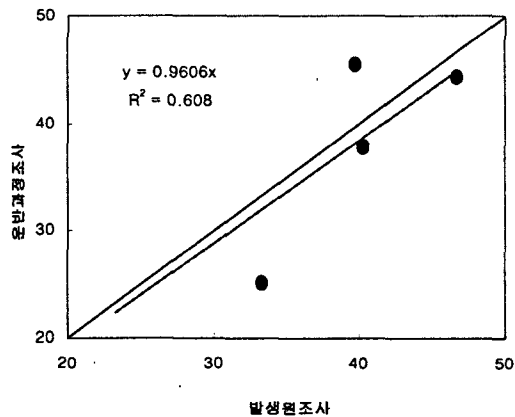
<그림 2> 발생원조사와 운송과정조사의 배출량 비교

2. 물리적 조성비교

<그림 3>과 같이 전항목의 조성별 함량을 비교한 결과 기울기가 1에 근접하고 상관계수가 0.85인 비교적 양호한 상관성을 보였다. 조성별로는 <그림 4>과 같이 전체 배출량중 30%이상인 음식물의 경우 결정계수 0.61의 비교적 높은 상관성을 보였고, 조성비가 10~20% 범위인 플라스틱류의 상관성은 0.26으로 하락했다. 그리고 5%이하의 조성비인 섬유류는 오히려 역상관성을 나타내었다. 이러한 결과들을 조합하면 시료의 채취지점에 차이에도 불구하고 함량이 많은 음식물, 종이, 함량이 적은 섬유, 목재 등에 의해 전체적인 상관성은 높으나 항목별 상세비교에서는 조사방법에 의해 일정한 경향성을 발견하기 어려운 것으로 나타났다. 그렇지만 배출원의 배출량 점유율이 많은 차이가 있음에도 전체적인 조성비에 대한 상관성이 높게 나타난 부분에 대해서는 좀더 명확한 분석이 필요하다고 본다.

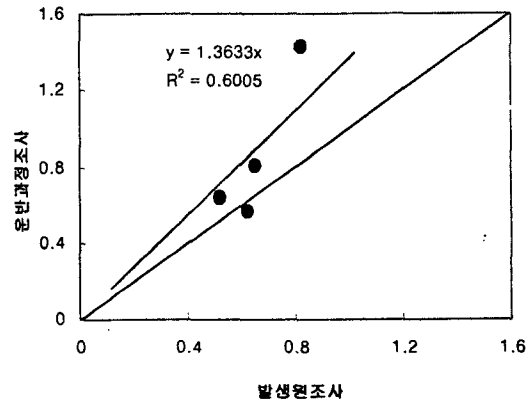


<그림 3> 전체항목의 상관성



<그림 4> 음식물의 상관성

<그림 5>은 음식물 대비 종이류의 함량비에 관한 상관성 결과이다. 절편을 "0"으로 고정시킨 상태에서 상관성이 0.6수준으로 높지 못하지만 회귀선의 기울기가 1.3에 이른다는 점은 발생원조사때보다 운송과정조사에서 종이류의 함량이 높게 평가될 가능성이 있음을 보여준다. 즉, 운송과정조사에서는 음식물에 함유된 수분이 운송과정에서 종이류로 전이되고 이러한 현상에 의해 음식물의 함량은 줄고 종이류의 함량이 높게 평가될 가능성이 있다는 것이다.



<그림 5> 종이류/음식물 상관성

3. 조사방법의 장단점 비교

<표 2>에는 발생원조사방식과 운반과정조사방식의 장단점을 정리하였다. 발생원조사방식은 표본을

대표성있게 산정하는 경우 폐기물종합관리체계에서 요구되는 감량과 재활용 계획까지 수립할 수 있는 장점이 있지만 사업장의 조사가 매우 까다로웠다. 반면 운반과정조사는 사업장의 조사가 용이하지만 발생원별로 배출행태를 분석할 수 없으므로 구체적인 감량이나 재활용계획과 연계시키기 어려우며 배출원별 배출량에 관한 정확한 자료를 확보해야 지역의 배출특성에 관한 대표성있는 결과를 확보할 수 있는 것으로 보였다. 이상의 분석결과는 두가지의 의미를 제시하였다. 먼저 조사방법측면에서 운반과정조사에서는 표본조사결과를 분석대상지역의 대표성있는 발생특성으로 환산하기 위해 지역용도별로 배출량의 비를 파악하고 그 비를 이용하여 가중치를 적용해야 한다. 발생원조사의 결과는 가중치의 산정에 도움이 될 수 있으며, 발생원조사와 같은 자료가 없을 경우에는 수거차량의 수를 이용하여 가중치를 산정할 수도 있다고 본다. 다음으로 두가지 조사방법의 활용도에 대한 사항이다. 정기적인 센서스조사에서는 발생원조사를 실시하므로써 폐기물관리종합계획의 수립에 필요한 기초자료가 확보될 수 있도록 해야 한다. 운반과정조사는 처리시설의 설계에 필요한 설계자료를 확보하고, 발생원조사의 결과로부터 예측된 처리대상 폐기물의 특성을 확인하고 수정하기 위해 필요하다고 본다.

<표 2> 조사방법 장단점 비교

| 구분 | 발생원조사 | 운반과정조사 |
|----|---|---|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> · 발생원별 감량 및 재활용 대책의 수립과 처리시설의 설계에 필요한 기초자료를 확보할 수 있음. · 모집단에 관한 정보가 축적되어 이와 관련된 장래 폐기물발생특성의 변화예측이 가능함. · 성격이 유사한 타지역의 조사자료를 이용하여 발생특성의 분석이 가능함. · 앞으로 있을 관리방법 변화(음식물의 분리 등)에 대한 처리대상폐기물의 조성예측 가능 | <ul style="list-style-type: none"> · 조사가 간단하며, 특히 사업장 지역의 조사가 매우 간편함. · 계량자료를 확보할 수 있다면 배출량은 비교적 정확함. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> · 조사가 복잡하며, 특히 사업장의 조사에 많은 시간이 소요됨. · 사업장의 표본선정시 정부로부터 통계조사에 대한 공식승인을 받아야 하며, 그 과정에 매우 복잡함. · 발생량의 조사는 비교적 정확하나 특히 배출원이 있는 경우에 인위적으로 반영하기 어려움. | <ul style="list-style-type: none"> · 처리시설의 설계와 운영에 관한 자료로서 한정됨. · 용도지역별 구분기준이 없고, 분류가 모호하여, 현재의 배출실태만을 파악할 수 있음. · 분석대상지역에서만 조사해야 분석결과의 신뢰성 확보 |

IV. 결론

지금까지 발생원조사와 운반과정조사의 결과를 비교하고, 각각 장단점도 비교함으로써 두가지 조사방법의 상호보완성 및 활용성에 대해 살펴보았다. 발생원조사는 조사과정이 복잡하고 어렵지만 배출원의 배출속성에 관한 자료를 확보하므로써 종합관리체계의 수립에 필요한 자료의 확보가 가능하다고 판단되었다. 운반과정조사는 사업장의 조사에서 특히 간편하지만 배출원의 배출속성을 파악할 수 없고, 수분의 이전가능성이 있으므로 처리시설의 설계에 필요한 자료를 확보할 수 있다고 보였다. 그리고 운반과정조사에서는 배출원별 배출량에 관한 자료를 확보할 수 없어 지역의 대표특성을 확보할 수 있는 가중계산이 어려우므로 발생원조사의 결과를 활용하면 그러한 한계를 보완할 수 있다고 사료되었다.

물리적 조성의 비교에서 배출량의 비에 의한 가중치의 적용이 매우 상이했음에도 전체적인 조성간의 상관성과 음식물 등 함량이 많은 조성들의 상관성이 비교적 높았던 점은 앞으로 보다 상세한 분석을 통해 밝혀져야 할 부분일 것이다.

참고문헌

- 1) 유기영, 서울시 생활계폐기물 발생특성 및 처리경로 분석연구, 서울시정개발연구원, 1998
- 2) 서울특별시, 서울시 생활계폐기물 소각시설 용량산정연구, 2000.12
- 3) 주식회사 대우엔지니어링, 마포자원회수시설 설계를 위한 쓰레기 성상조사연구, 2000.12