

[연구논문]

폐기물관리종합체계를 고려한 서울시 생활폐기물 소각시설 수요평가

A Preliminary Capacities Evaluation of Incineration Facilities in Seoul
: Based on Integrated Municipal Solid Wastes Management

유 기 영* · 박 용 진**

목 차

- | | |
|-----------------|-------------|
| . 서론 | . 서울시의 적용결과 |
| . 소각시설 수요평가들 설정 | . 결론 |

ABSTRACT

Kee-Young Yoo · Yong-Jin Park

The rates of reduction and resource recovery are the key factors in efficient management of municipal solid wastes (MSW). Considering actual limitation of treating MSW by both resource reduction and recovery, incineration is the another alternative way to be carefully adopted. Because of high construction and maintenance cost, the reasonable capacities of incineration facilities need to be determined based on the integrated MSW management strategies. This study focuses on estimating the long-term demand of incineration facilities for MSW in Seoul. The way to estimate incineration demand is composed of such factors as determination of design year, establishment of database, evaluation of MSW amounts to be disposed, estimation of MSW amounts to be burned and incineration capacity. Various tools and data, such as waste generation characteristics, previous management goal, environmental assessment, cost evaluation, were also used for estimation. Some important finding are as follows; amounts of MSW which will be generated in 2011 are 11,253 ton/day; amounts of MSW to be disposed are 3,840 ton per day in the condition of source reduction by 7% and resource recovery by 63%; the estimation results based on the economic analysis and environmental assessment showed that incineration is superior to landfill as disposal methods; additional incineration capacities of 1,923 ton/day are required. Finally, it's implied that our systematic procedure to consider desirable incineration capacities of MSW be dovetailed for future Integrated MSW management.

* 서울시정개발연구원 도시환경연구부 부연구위원

** 서울시정개발연구원 도시환경연구부 위촉연구원

. 서론

이미 배출된 생활폐기물은 자원화, 소각, 매립 등 다양한 방법에 의해 처리된다. 이중 소각에 의한 처리방법은 생활폐기물 중 연소 가능한 부분을 열에너지로 전환시켜 양적으로 대폭 줄이고, 부패성 물질 및 병원균을 소멸시켜 질적으로 안정화시킨다는 장점이 인정되어 유럽국가(프랑스, 독일, 영국, 오스트리아 등)를 중심으로 활용이 추진되었고, 아시아에서는 일찍이 수인성 전염병을 경험한 일본에서 생활폐기물의 주요처리방법으로 활용되고 있다.

서울시에서는 1980년대 중반부터 소각방법에 대하여 관심을 갖기 시작했다. 1978년부터 서울시 생활폐기물의 주요 처리수단으로 이용되던 난지도매립지의 매립공간이 한계에 이르기 시작했고, 후속매립지의 확보도 어렵다는 것을 확인하면서 부터였다. 이때부터 소각시설의 건설이 추진되어 지금까지 3개의 시설이 건설되었다.

1990년에 들어서면서 생활폐기물의 관리방식이 이전까지의 신속하고 안전한 처리에서 재활용과 감량으로 이동하기 시작했다. 각종 보조정책에 의해 재활용과 감량을 정책적으로 추진하였으며, 1995년부터 시행된 쓰레기종량제는 감량과 재활용 활동에 모든 시민들의 참여를 독려했고, 그 결과 많은 양의 생활폐기물이 재활용됨으로써 전체적으로 생활폐기물의 양이 줄어 들었다. 이러한 분위기는 매립이나 소각방법에 의해 처리해야할

폐기물의 양을 급속하게 줄이는 결과를 가져왔다. 결국 단순히 처리에만 몰두하였던 시기에 구상했던 처리시설 또는 처리대상량은 감량과 재활용이라는 폐기물 흐름에서 상위에 있는 방법들에 의해 직접적으로 영향을 받게 되었고, 그 결과는 기존의 계획을 축소해야 한다는 방향으로 나타나고 있다. 그렇다고 하여도 현재 서울시에서는 소각 또는 매립해야할 생활폐기물이 1일 5천톤 이상 발생하고 있다¹⁾. 여전히 안전한 처리는 중요한 폐기물관리사업의 하나라는 것을 의미한다.

지금까지 추진된 소각처리사업의 과정을 살펴보면 소각방식은 긍정적인 면과 부정적인 면을 동시에 지니고 있는 것으로 나타났다. 소각방식의 긍정적인 면은 다음과 같다. 서울시의 토지여건상 매립지를 확보할 수 없는 상황인데 서울시 내에서 생활폐기물을 처리한다는 점, 소각 후 잔재만 매립함으로써 수도권매립지의 사용기간 연장, 처리과정에서 발생한 열의 지역난방활용, 서울시에서 왕복거리 94km에 이르는 매립지까지 생활폐기물을 이동시키는 수송작업의 감소, 매립과정에서 발생하는 각종 환경오염물질로부터 서울시민이 피해를 받지 않는다는 점 등을 들 수 있다. 반면에 소각시설을 토지이용밀도가 높은 서울시에 설치함으로써 소각시설에서 발생하는 각종 환경오염물질과 유해물질²⁾에 대한 우려로 주민과 행정부 사이에 갈등이 야기되고 있고, 생활폐기물의 잦은 반입중지 요구로 갈등의 범위가 소각시설의 주변주민과 수혜주민 사이로 확대되고 있는 점

1) 서울시에서 분석한 2000년 1/4분기의 생활폐기물 처리실적에 따르면 1일 발생량은 10,743톤이고, 이중 소각시설로 526톤, 매립시설로 5,389톤이 반입되어 소각 또는 매립되는 양은 55.1%이다.

2) 환경오염물질로는 SOx, NOx, 미세먼지 등 대기오염물질과 소음, 악취와 같은 생활공해물질, 다이옥신, 중금속 가스 등 유해물질 등이 있다.

등은 부정적 면이라 할 수 있다.

이상과 같이 생활폐기물 관리방식의 흐름과 소각방식의 장단점을 고려할 때 소각방식이 반드시 필요한 처리방법이라면 감량, 재활용과 같은 상위의 관리방법과 연동시켜 사업의 규모를 결정해야 하며, 소각처리방법의 선택여부도 환경성과 비용 등에 관한 평가를 통해 결정되어야 한다. 그렇지만 이러한 개념을 토대로 소각시설의 수요를 평가한 사례가 드물고, 더욱이 평가절차와 평가요소에 대한 체계적인 제시가 이루어지지 못하고 있다. 물론 소각시설의 수요평가에만 한정할 경우에는 환경부에서 제시한 간단한 방법을 활용할 수 있는데, 환경부에서는 설치대상지역 계획 발생량의 50% 이내에서 소각대상량으로 결정하고, 여기에 가동일수, 계절변동계수 등을 고려하여 시설규모를 결정하도록 하는 간이결정법을 평가방법의 하나로 제시하고 있기 때문이다³⁾.

이에 본 연구는 감량, 재활용, 처리를 포괄하는 폐기물종합관리체계에서 소각시설의 수요를 평가하는데 목적을 두었으며, 본고에서는 평가절차와 평가요소에 관한 틀을 제시하고 서울시에 적용한 사례를 소개하였다.

2001년이 2002 2011년 기간에 폐기물관리의 토대가 될 국가폐기물종합관리계획을 수립할 시점임을 감안할 때, 이러한 시도는 계획수립에 참여하는 전문가, 공무원 등에게 도움이 될 수 있으며, 개념적으로만 언급되었던 폐기물종합관리를 현실에 접목시키는 사례가 될 수 있을 것이다. 한

편 본 연구에서는 환경부에서 제시하고 있는 계획 발생량을 기준으로 일정한 범위 이내⁴⁾에서 소각대상량을 결정하도록 하는 방법과 본 연구에서 제시한 방법과 절차, 평가요소, 결과 등을 비교함으로써 두가지 방법의 장단점도 고찰하였다. 편의상 폐기물관리종합체계에서 소각시설 수요평가 방법을 「단계적 배분법」⁵⁾, 환경부에서 제시한 계획배출량을 기준으로 일정범위를 넘지 않는 범위에서 수요를 결정하는 방법을 「일정률 할당법」⁶⁾이라고 명명하였다.

· 소각시설 수요평가를 설정

1. 평가 절차

소각시설의 수요평가 절차는 1) 계획기간 설정, 2) 생활폐기물 발생특성 예측, 3) 처리대상량 산정, 4) 소각대상량 산정, 5) 소각시설 수요평가 등으로 구성하였다.

「계획기간의 설정」은 소각시설의 수요를 평가할 때 향후 몇 년간의 생활폐기물을 처리할 수 있는 시설로서 건설할 것인가, 아니면 건설의 필요성을 검토함에 있어 어느 기간까지를 평가기간으로 볼 것인가 등을 결정하는 단계이다.

「종류별 발생량 예측」에서는 계획기간 동안에 발생할 생활폐기물의 양과 질을 평가하게 된다. 종류별 발생량 예측은 어느 정도 상세하게 계획을 수립할 것인가, 확보할 수 있는 자료의 양이

3) 환경부, 생활폐기물 소각시설 설치지침, 행정간행물등록번호 38000-67520-67-9816, 1998. 4

4) 환경부에서는 계획발생량을 기준으로 50%를 넘지 않는 범위에서 소각대상량을 결정하도록 하고 있다(환경부, 1998. 4)

5) 감량, 재활용, 처리 등의 순서로 폐기물이 흐른다고 보고, 상위 관리방법에 해당되는 양을 평가하고, 나머지는 하위단계로 내려가면서 대상량을 평가하는 방법이다.

6) 폐기물관리단계를 고려하지 않고 계획발생량을 기준으로 일정부분을 소각대상량으로 간주한다.

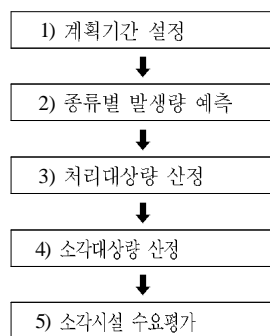
많은가, 확보된 자료의 신뢰성이 높은가 등에 예측할 수 있는 범위가 달라진다.

「처리대상량 산정」에서는 소각하거나 매립해야 할 생활폐기물의 양이 어느 정도인가를 결정하며, 감량과 재활용을 어느 정도 달성하느냐에 의해 직접적으로 영향을 받는다.

「소각대상량의 산정」에서는 소각할 생활폐기물의 양을 결정하는 단계로 처리대상량을 전량 소각할 것인지, 소각하지 않는다면 어떤 방식으로 처리할 것인지를 결정하게 된다. 만약 이 단계에서 소각처리보다 타방법으로 처리하는 것이 유리하다고 평가되면 소각대상량은 없는 것으로 나타나며, 다음의 절차는 무의미하다.

「소각시설 수요평가」는 소각대상량이 없다면 불필요한 단계이고, 소각대상량이 있다면 총수요, 현재의 확보시설, 신규수요 등을 이 단계에서 평가하게 된다.

<그림 1>은 본 연구에서 제시한 소각시설 평가절차를 보여주고 있다.



<그림 1> 소각시설 수요평가 절차

2. 평가항목

1) 계획기간 설정

계획기간은 소각시설의 수요평가가 어느 단계에서 이루어지느냐에 따라 달라진다. 소각시설의 수요가 폐기물관리종합계획에서 평가된다면 법정 계획수립기간⁷⁾이 계획기간이 되며, 일반적으로 10년이다. 현재의 상황으로 본다면 2011년이 계획의 목표연도가 되며, 본 연구에서 제시한 절차를 따를 경우 소각방법의 필요성에서부터 소각시설의 수요까지 포함하여 평가하게 된다. 그렇지만 시설의 활용구역과 소각시설의 필요성이 이미 결정된 상황에서는 소각시설의 예상수명이 목표연도가 되며, 일반적으로 도시에서 발생하는 생활폐기물을 대상으로 하는 대규모 시설의 경우 20년을 한 계수명으로 보고 있다.

2) 생활폐기물 종류별 발생량 예측

일반적으로 처리시설을 계획할 때 필요한 발생 특성으로는 양, 물리적 조성, 3성분, 겉보기 밀도 등이며, 소각시설을 계획할 때는 발열량, 매립 시설을 계획할 때는 분해성질에 따른 물질 함량이 추가로 필요하다. 예측과 조사대상은 처리대상량에 한정해도 족하다. 그러나 종합적 관리체계에서는 상위단계에 해당하는 감량과 재활용에 필요한 항목도 조사해야 하므로 조사대상이 혼합쓰레기에서 생활폐기물로 확대되고, 항목도 늘어나게 된다. 생활폐기물의 발생특성 예측은 경향법⁸⁾, 물

7) 폐기물관리법 제8조(폐기물처리기본계획) 및 시행규칙 제5조(폐기물처리기본계획)에 입각하여 시·도지사와 시장·군수·구청장은 10년마다 폐기물처리에 관한 기본계획을 수립하여야 한다.

8) 과거의 측정자료를 이용하여 시간을 독립변수로, 폐기물의 양이나 조성별 양을 종속변수로 보고 상관성을 분석하는 방법이다. 적어도 5년 이상의 자료가 필요하며, 분석기간내에 줄거나 늘는 경향이 나타나면 이러한 방법을 활용하기 어렵다.

질수지법⁹⁾, 다중회귀모델¹⁰⁾, 실측법 등이 있다. 이중 실측법은 실측자료를 이용하여 직접 예측하는 것이 아니고 예측을 하기 위한 기초자료를 확보하기 위해 실측조사가 선행된다. 다시 말하면 다중회귀모델과 유사한 방법에 의해 예측이 이루어지지만 정확성을 높이기 위해 실측조사가 선행되며, 배출원을 세분화함으로써 어떤 배출원에서 어떤 종류의 폐기물이 어느 정도의 양으로 배출되는가를 보다 구체적으로 파악할 수 있다. 실측법에서 배출원의 구분은 주택유형과 사업장의 업종별로 구분하기도 하며¹¹⁾, 더 세분화하여 가로를 배출원으로 분류하는 경우도 있다¹²⁾. 조사항목도 조사의 목적에 따라 달라지고 있다. 환경부(1997. 8)에서 실시한 전국조사에서는 소각과 매립 방법의 설계에 적합한 항목을 조사하였지만, 유기영(1998)은 재활용가능품, 소각부적물, 1회용품 등 감량, 재활용, 소각, 매립 등의 계획수립에 필요한 항목들을 세분하여 조사하기도 하였다. 이러한 조사자료가 확보되면 주택의 거주자수나 가구, 사업장의 종사자수나 업종별 면적 변화동향과 결합시켜 계획기간 내에 있을 생활폐기물의 발생특성을 예측하게 된다. 결론적으로 실측자료를 확보할 수 있다면 그 결과를 활용함이 가장 합리적인 예측

결과를 취할 수 있다는 것이며, 실측결과는 소각 용량의 평가절차에서 요구하는 각 항목을 포함할 수록 좋고, 자료가 미흡하거나 없다면 보완조사 또는 전면조사를 수행해야 한다.

3) 처리대상량 산정

소각 또는 매립할 양을 판단하기 위해서는 원천적으로 줄일 수 있는 양을 우선적으로 배제하고, 배출된 양 중 재활용할 양을 다시 배제하면 소각 또는 매립해야 할 처리대상량이 남게 된다. 이 단계에서 가장 중요한 과제는 감량할 양과 재활용할 양을 결정하는 일이다. 감량효과는 시민들이 소비생활을 억제하거나 구매방식을 변화시키거나 폐기물의 배출방법을 개선함으로써 나타나기도 하고, 제품의 생산방식을 개선함으로써 감량의 효과가 나타나기도 한다¹³⁾. 재활용의 경우 현재 재활용하는 품목들의 수거량을 늘리거나 품목을 확대함으로써 전체적인 재활용량을 늘릴 수 있다. 그렇지만 감량과 재활용 목표를 설정하려면 단순히 감각적으로 목표를 설정해서는 안되고 현실적인 가능성, 정책적 의지를 반영할 수 있는 여지 등에 대해 신중한 검토가 필요하다. 무리하게 목표를 높이면 처리대상량이 줄어 처리단계에

9) 어떤 지역으로 유입되는 폐기물의 원인물질과 유출물질의 관계를 분석하여 유출물질의 양에서 생활폐기물의 양을 산정하는 방법으로, 지역간 물류이동 자료, 제품의 수명 등에 대한 자료의 확보가 필수적이다. 주로 국가단위의 분석에 활용된다(정재춘, 폐기물관리와 자원화, 서울 : 신광문화사, 1994).

10) 인구, GNP, 용도지역의 면적, 소비지표 등 활용가능한 다양한 사회지표를 이용하여 과거의 배출량과의 유의성이 높은 변수를 추출하고, 이 변수의 변화경향을 예측하여 향후 발생특성을 재예측하는 방법이다(유기영, 도시쓰레기 배출특성해석을 위한 기법개발, 서울시립대 대학원, 1996).

11) 주택을 단독주택, 아파트, 연립주택 등으로 구분하고, 사업장을 도소매업, 음식점, 숙박업, 제조업 등 표준산업분류법에 준하여 분류하기도 한다(환경부, '96 전국폐기물통계조사, 1997. 8).

12) 위의 10)과 같이 분류하고 여기에 가로쓰레기의 발생량을 추가하여 조사하였다(유기영, 서울시 생활계폐기물 발생 및 처리경로 분석연구, 서울시정개발연구원, 1998).

13) 현재 정부에서는 생산자책임제도에 입각하여 독일 등 EU국가와 일본이 이미 도입한 생산자 또는 생산자단체의 의무회수제도를 시행할 예정이다. 이 경우 폐기물처리비용에 대한 생산자의 부담이 증가하여 생산자는 폐기물을 적게 발생시키는 소재를 사용하거나 설계방법을 도입하게 되므로 생활폐기물의 원천감량에 기여할 것이라는 예측이 나오고 있다.

서 필요한 시설들의 수요를 과소평가하게 되고, 낮게 설정하면 처리단계의 시설들을 과도하게 확보하는 문제가 발생하기 때문이다. 이러한 문제를 해결하려면 감량의 경우 지방자치단체에서 감량을 위해 할 수 있는 역할과 그 대상품목의 발생 현황을 분석하고, 재활용의 경우 현재의 실적과 앞으로 확대할 수 있는 여지, 수거된 재활용품을 흡수할 수 있는 시장여건, 경제성, 외국에서의 사례 등을 종합적으로 검토하여 목표를 설정할 필요가 있다. 필요하다면 이전에 수립된 감량과 재활용목표와의 비교연구도 필요하다.

4) 소각대상량 산정

폐기물종합관리체계에서 소각대상량을 산정하려면 우선 생활폐기물의 처리방법의 하나로 채택할 가치가 있는가를 먼저 검토해야 한다. 감량과 재활용의 필요성이 자연스럽게 인정을 받는 것과는 다르게 소각방식은 연소과정에서 유해물질이 발생한다는 이유로 그 효용성에 대한 논란이 빈번하게 나타나고 있기 때문이다. 처리방법으로는 매립, 해양투기¹⁴⁾, 소각 등으로 매우 다양한데, 이들과의 상대적인 우위를 평가하거나 기존의 방식이 만족스럽지 않다면 비교기준을 만족하는 새로운 방법을 개발해야 한다. 현재까지 개발된 평가요소로는 비용, 환경성, 인체유해성 등을 들 수 있다. 비용은 생활폐기물의 처리책임이 있는 지방자치단체의 재정적인 부담수준과 직접 연계되므로 매우 중요하다. 그러나 비용이란 시설을 설치하고 운영하는 지역의 환경규제수준과 상관성이

높으며, 환경규제수준이 충분한 과학적인 근거에 입각하여 설정된 것이 아니므로 환경방지사업과 관련된 투자가 비용에 포함되었다 하여도 환경영향을 정확하게 반영한 평가라고 인정하기는 어렵다. 이를 보완하고자 하면 환경성평가를 분리할 수도 있다. 더불어 환경성평가에서 근래에 문제가 되고 있는 다이옥신, 수은 등 인체에 유해한 물질에 대한 평가를 다시 분리할 수 있다. 특히 소각시설의 경우 생활공간에 근접하여 설치되는 경우가 많으므로 이의 필요성이 제기되기도 한다¹⁵⁾. 인체유해성은 발암위해도(Cancer Risk) 등을 토대로 평가한다.

소각방법이 다른 방법보다 비교우위에 있거나 비교열위에 있다 하여도 반드시 필요하다는 판단이 내려지면 다음으로는 처리대상량 모두를 소각대상량으로 볼 것인지, 소각에 적합하지 않은 생활계유해폐기물, 불연성물질 등을 분리하고 나머지만을 소각대상량으로 간주할 것인가에 대한 평가가 필요하다. 우리나라에서는 재활용품이 분리된 후의 생활폐기물은 혼합하여 소각하거나 매립하고 있지만 일본의 경우 불연성 물질과 유해폐기물을 분리하고 있고, 미국, 독일, 캐나다의 선진도시들도 대부분 유해성물질을 분리하는 체계를 갖추고 있다¹⁶⁾.

5) 소각시설 수요평가

소각대상량이 결정되면 마지막으로 시설수요를 평가해야 한다. 기존에 설치된 시설이 있다면 그 시설에서 처리할 수 있는 양을 제외한 양을 처리

14) 해양투기를 하려면 사전에 생활폐기물을 시멘트 등과 같은 고화제를 이용하여 단단한 덩이리로 만들어야 한다.

15) 신동천, “소각처리의 안전성 확보 방안 평가”, 쓰레기문제해결을위한시민운동협의회 주최 심포지움 발제문, 2000. 6.

16) 유기영, 생활계 유해폐기물의 관리방안, 서울특별시 주최 생활계폐기물 관리개선 정책토론회 발제문, 1999. 7.

할 수 있는 시설이 신규시설의 수요에 해당된다. 소각시설 수요는 처리대상량을 처리계획량으로 간주하고, 여기에 시설의 연간가동일수, 계획월 최대 변동계수, 시설의 기계적 안전율 등으로 보정하여 결정하게 된다¹⁷⁾.

<표 1>에는 지금까지 설명한 평가절차 및 요소를 “단계적 배분법”과 “일정률 할당법”으로 구분하여 정리하였다. 단계적 배분법에서 가장 복잡한 단계인 처리대상량 산정이 일정률 할당법에서는 생략됨으로써 비교적 간단하게 소각시설의 수요를 평가할 수 있음을 표에서 확인할 수 있다.

<표 1> 소각시설 수요평가를 위한 절차별 평가요소

절 차	평가요소	
	단계적 배분법	일정률 할당법
1) 계획기간 설정	· 시설수명 · 법적 계획기간	· 시설수명 · 법적 계획기간
2) 종류별 발생량 예측	· 양과 질 · 배출원 · 추계도구	· 양 · 추계도구
3) 처리대상량 산정	· 감량가능성 · 재활용가능성 · 기존계획과 연계성	
4) 소각대상량 산정	· 방법간 비교우위 · 분리가능성	· 방법간 비교우위
5) 소각시설 수요평가	· 기존시설 · 설계변수	· 기존시설 · 설계변수

· 서울시의 적용결과

1. 계획기간 설정

계획기간은 2차 국가폐기물관리종합계획의 목표연도인 2011년으로 설정하였다. 그 이유는 다음과 같다. 먼저 본 연구에서 제시한 평가절차의 활용대상이 단위 지역이 아니고 서울시에서 발생하는 모든 생활폐기물을 대상으로 한다. 둘째, 양천구, 노원구, 강남구에는 이미 소각시설이 건설되어 운영중이다. 셋째, 신규로 소각시설을 건설할 경우에도 일시에 모든 시설을 건설할 수 없으며, 순차적으로 건설하게 된다. 넷째, 3차 종합계획을 수립할 시점에서는 지금과는 다른 기술들과 처리방법이 도입될 수 있으므로 그에 대한 여지를 둔다.

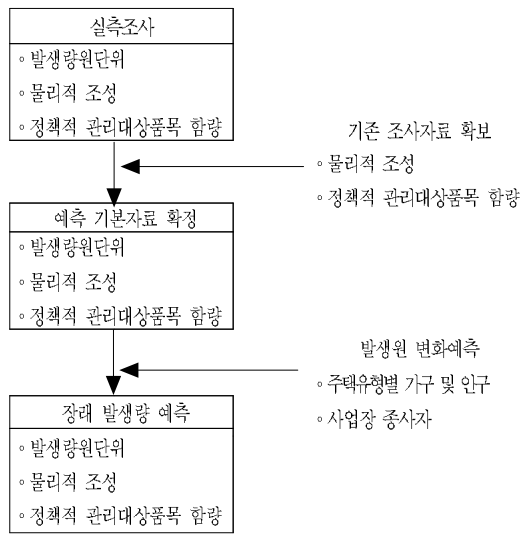
2. 생활폐기물의 종류별 발생량 예측

1) 예측절차

생활폐기물의 종류별 발생량은 <그림 2>와 같이 실측조사, 예측기본자료 확정, 장래 발생특성 예측 등으로 구분하여 수행하였다. 예측기본자료는 4계절 조사가 이루어진 기존자료(유기영, 1998)¹⁸⁾를 주로 활용하면서, 2년이라는 시간적 차이에서 발생할 수 있는 변화를 반영할 수 있도록 1계절의 실측조사를 수행하였다. 장래 발생특성 예측에서는 먼저 발생원의 총규모에 대한 예측이 선행되었다. 주택의 경우에는 주택수와 거주인구를, 사업장의 경우에는 업종별 종사수를 생활폐기물을 발생하는 모집단으로 간주하였다.

17) 환경부(1998. 4)에서 제시하는 산정방법이며, 연간가동일수는 정비를 위한 정지기간에 태울 수 없는 쓰레기량에 의해 정상가동일에 증가되는 처리량을 태울 수 있도록, 월 최대 변동계수는 쓰레기의 발생이 계절적으로 다르므로 가장 많이 발생하는 계절에도 대응할 수 있도록, 안전율은 시설을 설치할 때 여유용량을 확보할 수 있도록 하기 위해 고려되는 보정항목들이다.

18) 유기영(1998)의 연구는 서울시를 대상으로 1998년의 발생특성을 조사한 것이다. 주택을 단독, 아파트, 연립으로 구분하고, 사업장을 13개 업종으로 구분하였다. 주택은 5개 자치구에 대하여 4계절을 조사했고, 사업장은 1개 자치구를 대상으로 1계절을 조사했다. 이 당시에는 가구당 배출량으로 산정했다. 그렇지만 장래 예측을 위해서는 1인당 배출량이 필요하므로 본 연구에서는 가구당 인구수를 활용하여 여러 단계의 계산과정을 거쳤다.



<그림 2> 생활폐기물 종류별 발생량 예측을 위한 절차

2) 예측기본자료

예측기본자료를 마련하기 위해 주택유형은 단독, 아파트, 연립으로, 사업장은 농업·임업·어업·광업, 제조업, 도소매업, 숙박업, 음식점업, 공공기관, 사업서비스업, 개인서비스업 등 13개 업종으로 구분하였다. 생활폐기물의 종류는 혼합쓰레기와 분리재활용품¹⁹⁾으로 구분하였다. 조사항목은 발생량(kg/인/일), 물리적 조성(음식물, 종이 등 13개), 정책적 관리대상 품목(사용역제품목, 음식물, 5종재활용품, 불연성 등)²⁰⁾, 음식물과 5종재

활용품 등에 대한 분리실적 등이었다. 주택의 경우 서울시 25개 자치구를 5개 그룹으로 분류하고²¹⁾, 각 그룹에서 1개의 자치구를 선정하여 조사하였는데, 조사대상 자치구는 송파구, 서대문구, 강동구, 도봉구, 서초구였다. 주택의 총표본수는 28,830가구, 91,482인으로 모집단의 약 1% 수준이었다. 사업장은 도심지역으로 종로구를, 외곽지역으로 강동구를 선정하여 조사하였으며, 총 표본수는 70개였다²²⁾. 본 연구에서确定的한 예측기본자료의 범위는 <표 2> <표 4>에 정리하였다. 표의 자료들은 유기영(1998)의 조사자료를 기본적으로 인정하면서 본 연구에서 조사한 자료는 해당 계절에만 보완하였다. 즉, 주택의 경우 1998년 여름철 조사자료와 본 연구의 조사자료의 평균치를 산정하고 다시 4계절 평균치를 산정하여 예측기본자료로 삼았다. 사업장의 경우도 업종별 결과의 평균치를 산정하여 예측기본자료로 활용했다.

<표 2> 발생량 예측기본자료

(단위 : kg/인/일)

발생원	생활폐기물	최소 발생량	최대 발생량
주택	혼합쓰레기	0.261(연립주택)	0.442(단독주택)
	분리5종재활용품	0.083(연립주택)	0.152(아파트)
사업장	혼합쓰레기	0.022(농업·임업·어업·광업)	4.843(음식점업)
	분리5종재활용품	0.089(농업·임업·어업·광업)	1.337(도소매업)

- 19) 분리재활용품은 쓰레기종량제 실시 이후 분리품목으로 설정된 고지, 철, 유리병, 플라스틱 용기, 의류 등을 말하며, 이들이 분리되고 난 후에 종량제 규격통투에 담겨 배출되거나 소각 또는 매립을 위해 배출되는 폐기물을 혼합쓰레기라고 분류했다.
- 20) 사용역제품목은 1회용 이미용 도구, 종이컵과 같은 식도구 등 주로 1회용품으로 알려진 품목과 광고전단, 잡동사니 우편물(Junk Mail)과 같은 원하지 않는데도 생활속으로 공급되는 품목들을 말한다. 음식물은 2005년부터 매립지 반입이 금지되므로 별도의 대책이 필요한 폐기물이다. 5종재활용품은 이미 재활용이 추진되고 있으며, 앞으로 분리할 수 있는 부분이 어느 정도 인가를 평가하기 위해 정책적 대상품목으로 분류했다. 불연성 등은 유리, 금속 등의 불연성물질과 PVC소재 플라스틱제품, 고무, 형광등 등 연소성이 나쁘거나 연소과정에서 유해물질을 배출할 수 있는 품목들을 포함한다.
- 21) 그룹분류에는 SAS의 군집분석을 활용하였다. 분류결과, 서울시 25개 자치구는 송파구를 포함한 3개구, 서대문구를 포함한 7개구, 강동구를 포함한 6개구, 서초구를 포함한 2개구 등 총 5개군으로 분류되었다.
- 22) 사업장의 표본수가 극히 제한되지만 선행연구(유기영, 1998)에서 서초구 90개 사업장을 대상으로 조사한 결과를 서울시 전지역으로 확대 적용한 결과, 배출량의 예측이 비교적 정확했다고 하므로 유사한 방법을 선택했다. 업종별 생활폐기물 발생특성 조사는 사업장과 직접 접촉해야 하므로 많은 시간이 소요되는 한계가 있어, 다수의 표본조사가 어려웠다.

<표 3> 정책적 관리대상품목 합량 예측기본자료의 범위

(단위 : 혼합쓰레기 중의 합량, %)

발생원	구성	최소 합량	최대 합량
주택	음식물	50.9(연립주택)	68.6(연립주택)
	5종재활용품	2.3(연립주택)	10.5(단독주택)
	사용여제품	1.7(단독주택)	7.0(아파트)
	불연성 등	1.8(아파트)	7.1(단독주택)
사업장	음식물	3.6(운수·창고·통신업)	63.4(음식점업)
	5종재활용품	1.23(음식점업)	55.2(사회·개인서비스업)
	사용여제품	0(공공행정 등)	27.2(운수·창고·통신업)
	불연성 등	10.8(공공행정 등)	47.8(도소매업)

<표 4> 음식물과 5종재활용품의 분리실적

종류	구분	유형	분리실적(%)
음식물	주택	단독주택	47.2
		아파트	29.7 84.0
		연립주택	41.6 54.5
	사업장	일반업소	52.4 64.2
		감량의무업소	41.3 91.0
5종재활용품	주택	단독주택	86.2
		아파트	89.0
		연립주택	88.6
	사업장	전체 업종	66.4

주 : 분리실적은 각 배출원의 품목별 발생량 기준임.

3) 배출원 규모

서울시의 총인구는 통계청에서 제시²³⁾한 2020년까지의 인구자료를 이용하였다. 주택유형별 상주인구는 현재까지 발표된 서울시의 주택유형별 가구수를 먹곡선 경향으로 분석하고, 추세선을 이용하여 산출하였다²⁴⁾. 사업장의 총종사자수도 과거

의 자료를 토대로 먹곡선 경향으로 분석하고, 추세선을 이용하여 추계하였다²⁵⁾. 업종별 종사자수는 업종별 점유율의 추세선을 이용하였으며, 해당 연도의 업종별 종사자 점유율은 모든 업종별 추계결과의 합을 100%로 환산하여 산정했다. 추계결과에 따르면 상주인구는 매년 감소하여 2011년에 960만명 정도에 이르며, 반대로 사업장 종사자는 매년 증가하여 2011년에 371만명에 이를 것으로 나타났다. 주택유형별 상주인구의 분포는 아파트와 연립주택 등 공동주택의 경우 지속적으로 증가하고, 단독주택의 거주인구는 감소하는 것으로 분석되었다. 사업장의 업종별 종사자에서는 제조업, 건설업 등이 감소하고, 나머지는 현재의 수준을 유지하거나 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 사업서비스업이나 개인서비스업의 종사자 증가가 두드러지는 것으로 예측되었다.

4) 발생량 예측결과

2001년에 1일 10,951톤이던 발생량이 매년 증가하여 2011년에는 1일 11,253톤에 이를 것으로 추계되었다²⁶⁾. 사업장에서의 발생량이 주택에서의 발생량보다 많은 것은 사업기능이 밀집된 대도시 서울시의 특성이라고 판단되며, 일본 동경도의 23개 특별구에서도 사업계쓰레기의 발생량이 주택의 발생량보다 많은 것으로 분석되고 있다²⁷⁾. 그리고 사업장에서 발생하는 양이 전체 생활폐기물

23) 통계청, 1970~2020 시도별 추계인구, 1998.

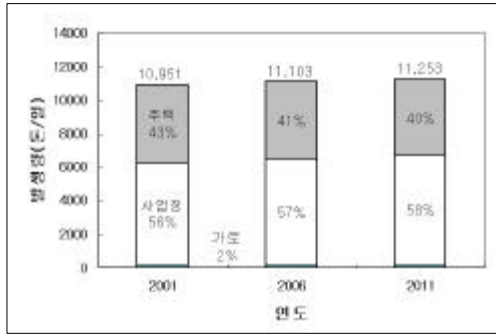
24) 경제기획원, 인구 및 주택센서스 보고, 1980, 1985 ; 통계청, 인구주택총조사보고서, 1990, 1995 ; 서울특별시, 1999년기준 주민등록인구통계, 2000.

25) 먹곡선 경향은 기간이 경과하면서 감소 또는 증가폭이 둔화된다고 판단될 때 활용하는 방법이다. 경제기획원, 총사업체통계조사보고서, 1981, 1986 ; 서울특별시, 1999년기준 주민등록인구통계, 2000 ; 서울특별시, 서울통계연보, 1980년 이후 각 연도 ; 통계청, 총사업체통계조사보고서, 1991.

26) 2000년의 각 자치구별 추계자료와 25개 자치구의 소각시설 또는 매립지 반입량과 비교한 결과, 회귀선의 절편이 0을 통과하는 조건에서 결정계수 0.9, 기울기 1의 상관성을 보임. 이는 총발생량의 추계를 위한 기본자료가 비교적 정확하다는 의미임.

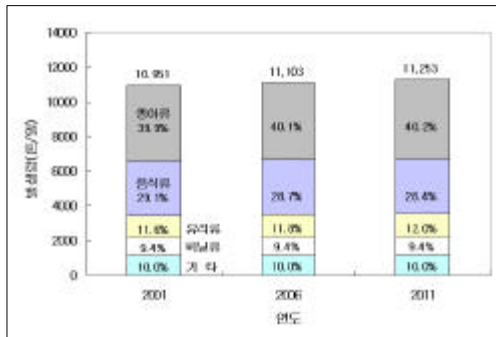
27) 1997년 기준 사업계쓰레기의 점유율이 55%였다(Bureau of Waste Management Tokyo Metropolitan Government, Waste Management in Tokyo 1999, 1999).

에서 차지하는 비중도 매년 증가하여 2011년에는 58%에 이를 것으로 전망되었다(<그림 3>).



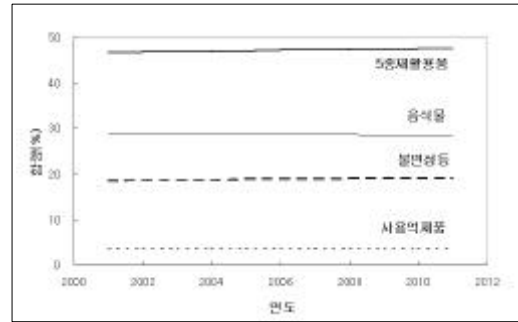
<그림 3> 생활폐기물 발생량 및 발생원 예측결과

<그림 4>는 물리적 조성의 변화경향을 보여주고 있다. 함량에서는 종이류가 가장 많고, 종이류와 유리류의 함량은 증가하고, 음식물류는 감소하는 것으로 나타났다.



<그림 4> 물리적 조성 추계결과

<그림 5>는 음식물, 5종재활용품, 사용억제품목, 불연성 등의 함량변화를 보여주고 있다. 5종 재활용품과 불연성 등은 소폭 증가하여 2011년에 각각 47.5%, 19.1%에 이를 것으로 예상되며, 사용억제품목의 함량은 34%를 그대로 유지하는 것으로 나타났다.



<그림 5> 정책적 관리대상품목들의 함량 변화

3. 처리대상량 결정

1) 감량목표

감량대상품목은 서울시에서 사업으로 추진할 수 있는 1회용품과 음식물에 한정하였다. 1회용품의 감량목표는 2011년까지 50%로 설정했으며, 이러한 목표를 달성하려면 많은 홍보와 1회용 광고 전단의 배포에 관한 규제가 필요할 것이다. 음식물에 대해서는 2011년까지 주택 발생량의 18%, 사업장 발생량의 20%를 감량한다는 목표를 설정했다. 이러한 목표는 음식물을 배출할 때 수분함량을 85%에서 80%로 낮추어 배출해도 달성이 가능한 수준이다. 두 가지의 목표를 달성하게 되면 2011년에 1회용품 192톤/일, 음식물 598톤/일이 감량되어 전체적인 감량효과는 발생량의 7%에 이를 것으로 전망된다. 생산자책임제도가 본격적으로 도입되면 감량효과가 있을 것이라는 주장이 있으나 우리나라는 이미 예치금제도를 실시하였고, 생산자의 책임이 수거된 재활용품의 처리에만 한정되며, 서울시의 역할을 벗어나므로 이의 감량효과는 고려하지 않았다. <표 5>에는 감량목표와 감량효과를 정리하였다.

<표 5> 2011년의 감량목표와 감량효과

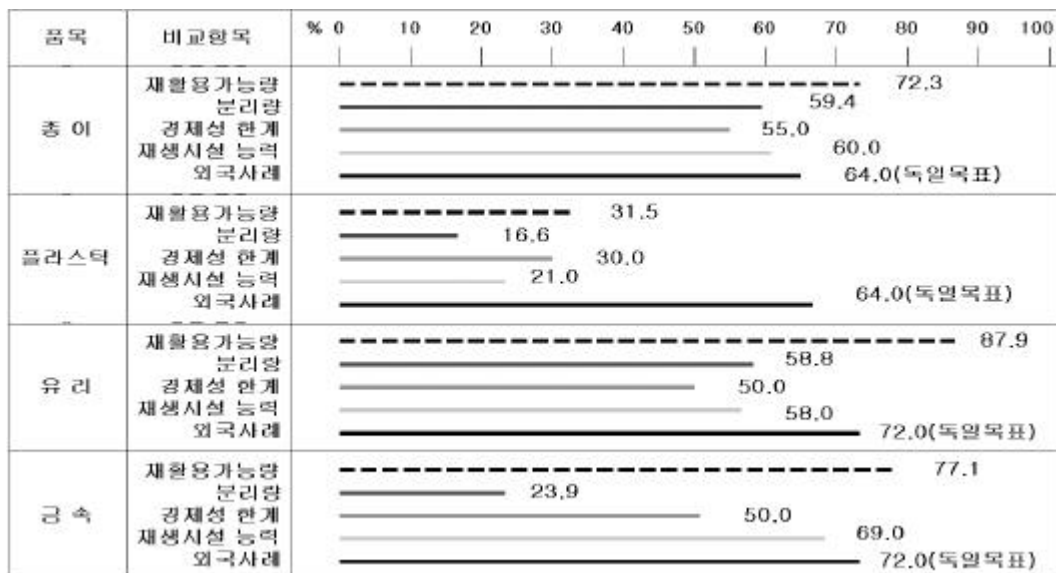
구 분	감량목표(%)	감량효과(톤/일)
1회용품	· 1회용품 발생량 대비 50%	192
음식물	· 주택 음식물 발생량의 18% · 사업장 음식물 발생량의 20%	598

2) 재활용목표

재활용목표는 음식물과 5종재활용품으로 구분하여 설정하였다. 음식물의 재활용에 영향을 주는 요인은 수거가능량으로 보았다. 즉, 수거체계를 구축한다 하여도 시민들이 분리에 대한 참여가 낮으면 재활용률이 적어진다는 것이며, 실제로 분리되는 양에 대하여는 <표 4>에서 이미 표시하였다. 그렇지만 쓰레기종량제가 실시된 원년에 29%였던 재활용률이 최근에는 34%까지 상승한 것과 같이 정책적으로 관심을 기울이면 분리실적이 상승하므로 2011년에는 현재의 분리실적보다 개선되리라 보았다. 이에 현재의 분리실적을 토대로 10% 이내에서 분리율을 제고한다는 목표를

설정하였다. 예를 들어 현상에서도 분리실적이 양호한 아파트는 85%를 유지하고, 배출여건이 나쁜 단독주택은 배출량의 60%를 수거하는 것으로 보았다. 그 결과 2011년까지 재활용할 수 있는 음식물량은 1일 1,744톤으로 나타났고, 이 양은 음식물 배출량의 약 68% 수준이다.

5종재활용품은 타연구자료의 활용성을 높이고, 타사례와의 비교가 가능하도록 물리적 조성별로 목표를 설정했다. 판단기준은 재활용가능량, 현재의 분리량, 경제성 한계, 재생시설 능력, 외국의 사례 등이었다. 결정적인 한계는 재활용가능량으로 이 이상의 목표설정은 무의미하며, 재생시설의 능력도 물리적인 한계요인으로서 현실적인 재활용한계라고 판단된다. 그렇지만 생산자 책임제도를 가장 먼저 도입한 독일의 사례에서 나타나듯 정책적인 의지 정도에 따라 재활용가능량의 범위 내에서 재활용률을 높일 수 있는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서 경제성한계와 재생시설능력



<그림 6> 재활용목표 설정을 위한 비교자료

중 높은 부분을 달성하겠다는 현 실질적인 목표(현실반영목표)와 독일과 같이 정책적으로 재활용을 추진한다(정책의지목표)는 두가지의 방안에 대해 검토했다. 그 결과 현실반영목표에서 2011년의 5종재활용품의 재활용량은 1일 4,215톤이었고, 음식물의 재활용량과 합산하면 생활폐기물의 배출량 대비 재활용실적은 57%였다. 정책의지목표에서는 1일 4,880톤의 5종재활용품이 재활용되었으며, 음식물과 합산한 재활용실적은 63%였다. 그런데 서울시는 서울의제21을 통하여 2007년까지 배출된 생활폐기물의 60%를 재활용한다는 약속을 하였다²⁸⁾. 결국 이러한 약속을 지키기 위해서는 정책의지목표를 달성해야 하며, 본 연구에서는 정책의지목표에서 설정된 조성별 재활용목표를 채택하였다.

<표 6>에는 음식물과 5종재활용품의 재활용목표와 재활용량을 정리하였다.

<표 6> 2011년의 재활용목표와 효과

구 분	재활용목표	재활용량(톤/일)
음식물	· 주택 음식물배출량의 67% · 사업장 음식물 배출량의 68%	1,744
5종재활용품	· 종이류 배출량의 64% · 플라스틱류 배출량의 64% · 유리류 배출량의 72% · 금속류 배출량의 72%	4,880

3) 처리대상량

2011년에 서울시에서 발생할 1일 11,253톤의 생

활폐기물에서 1회용품 192톤, 음식물 598톤을 감량한 결과, 배출되는 생활폐기물 양은 1일 10,463톤으로 나타났다. 이중 1일 1,744톤의 음식물 수거하고, 1일 4,880톤의 5종재활용품을 재활용을 위해 별도로 수거하게되면, 1일 3,840톤이 처리대상량으로 남게되며, 발생량을 기준으로 34.1%에 해당된다.

4. 소각대상량 결정

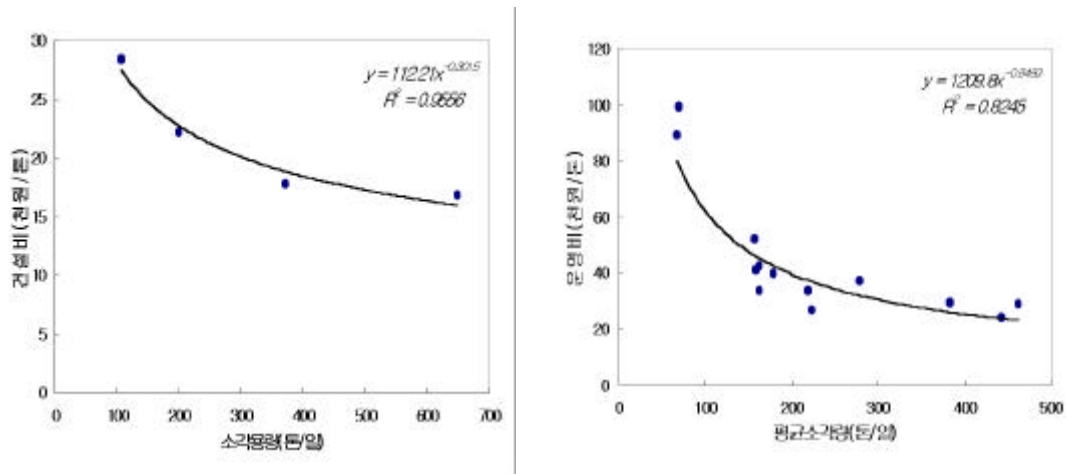
1) 소각방식의 채택여부 결정

소각방식의 채택여부는 가장 보편적 처리방식인 매립방식과의 상대적 우위비교를 통해 평가하였다. 비교항목은 비용과 환경성이었다. 비용은 그 동안 축적된 자료가 많아 비교적 평가가 용이했으며²⁹⁾, <그림 7>과 같이 시설용량이 커질수록 1톤당 건설비와 운영비가 감소하는 경향을 보여주었다. 그러나 환경성 평가는 목록분석에 필요한 자료축적이 빈약하고, 공인된 평가방법이 정립되지 않아 분석에 어려움이 많았다³⁰⁾. 환경성 평가 방법들의 차이는 환경문제의 종류를 어느 정도로 세분하여 다룰 것인가, 다양한 환경문제 중 어느 부분에 어느 정도의 가중치를 부여하여 평가할 것인가, 가중치의 부여기준은 무엇인가 등에 있다. 생활폐기물의 처리방법과 관련하여 국내에서는 두 가지의 연구사례가 있었다. 하나는 맹승주(1995)가 연구하였으며, 환경규제항목과 농도를

28) 녹색서울시민위원회 · 서울특별시, 서울의제21 : 21세기 녹색서울 만들기, 2000. 3.

29) 한국소각기술협의회, 생활폐기물 소각로에 대한 현황조사 및 데이터베이스화 조사연구, 조달청, 2000. 7 ; 환경부 · 전국소각시설운영협의회, '99 생활폐기물 소각시설 운영현황, 2000. 3 ; 서울특별시, 난지도매립지 안정화공사 기본설계보고서, 1994 ; 한국자원재생공사, 폐기물 처리방법별 경제성 및 환경성 비교평가, 1994.

30) 지금까지 개발된 환경영향평가방법에는 스위스의 한계량접근법과 예코포인트법, 스웨덴의 환경성우선전략법, 데마크식 환경영향평가법, 네델란드식 영향평가법, 독일식 영향평가법, SETAC방법 등이 있다.



〈그림 7〉 시설규모에 따른 소각시설의 건설비용 및 운영비용

기준으로 현재의 배출농도의 영향을 평가하는 방법이며, 스위스의 한계량접근법을 근간으로 하고 있다³¹⁾. 차동훈(1998)은 현재 나타나고 있는 지구 규모의 환경문제인 온난화, 산성우, 생태독성 등과 관련된 오염물질의 배출량을 분석하고, 각 문제별로 가중치를 두어 종합적인 환경성을 평가하였으며, 세계표준기구(ISO)에서 제시한 SETAC방법이 그 근간이다³²⁾. 맹승주 방법에서 활용한 환경 규제기준이나 항목이 과학적 토대를 갖추지 못한다는 측면이 있으며, 차동훈법에서 활용한 환경문제는 현재의 상황만을 반영하고 가중치의 부여도 인위적일 가능성이 높다는 점에서 양자 모두가 한계를 지니고 있다. 이에 본 연구에서는 두

가지의 방법을 모두 활용하여 환경성을 평가하였는데, 다양한 기준에서 상대적 우위를 평가할 수 있고, 분석에 소요되는 시간을 단축하는 장점이 있었다.

<표 7>에는 비용분석결과를, <표 8>에는 환경성 평가결과를 정리하였다. 비용측면에서 소각방법은 1톤당 34,132원(1일 400톤 이상의 규모일 때)³³⁾, 매립비용은 42,952원으로³⁴⁾ 처리시설에만 제한할 경우 소각방법이 약 5천원 정도 더 소요되었지만 생활폐기물을 매립지로 수송할 때의 비용을 포함하면 매립비용이 약 9천원정도 더 소요되는 것으로 나타났다.

31) 맹승주, LCA영향평가 기법개발에 관한 연구, 서울시립대 대학원 석사학위논문, 1995.

32) 차동훈, 전과정 평가기법 및 최적화 기법을 통한 대전시 생활폐기물의 경경불이(經境不二)적 관리, 한국과학기술원, 1998.

33) 서울시의 소각시설은 3개 모두 400톤 이상의 규모이므로 400톤 이상의 규모에 대하여 정리했다.

34) 매립비용은 다음과 같이 산정되었다. 건설비는 3공구의 공사가격을 기준으로 산정하였으며, 공사비 503,630백만원(시민환경연구원, 1997)을 매립량 64,886천톤(수도권매립지운영관리조합, 1999.8)으로 제하였다. 이외 토지매입비는 안건회계법인(1996.9), 사후관리비는 난지도매립지의 공사사례인 서울특별시(1994), 수송비는 서울특별시(2001.2)의 자료를 활용하였으며, 반입료는 현재의 매립지의 반입료를 적용하였다.

<표 7> 소각방법과 매립방법에 소요되는 비용

소각(400 800톤 시설)		매립	
건설비	15,818원/톤	건설비	7,762원/톤
운영비	18,314원/톤	부지매입비	3,992원/톤
		운영비	16,320원/톤
		사후관리비	1,350원/톤
		수송비	13,529원/톤
계	34,132원/톤	계	42,952원/톤(수송비 포함) 29,424원/톤(수송비 제외)

환경성측면에서 매승주 방법에 의한 평가결과와 차동훈 방법에 의한 평가결과는 차이가 있었다. 소각을 기준으로 한 매립의 환경부하가 매승주 방법의 경우 0.99(1)로, 같거나 매립이 약간 적은 것으로 나타났으며, 차동훈 방법에서는 매립의 환경부하가 확연하게 큰 것(1.36)으로 분석되었다. 한편 표에는 일본에서 분석된 에너지소비와 온난화가스의 발생 측면에서 소각과 매립방법의 비교결과도 함께 정리했는데, 그 의미는 분해성물질이든 난분해성물질이든 매립방식이 더 많은 에너지를 소비하고, 분해성물질이 많은 생활폐기물일수록 매립하면 온난화가스가 많이 발생한다는 것이었다.

<표 8> 소각방법과 매립방법의 환경성 평가결과

분석대상	분석대상폐기물	소각 [A]	매립 [B]	비교 [B/A]
서울시	차동훈법	혼합쓰레기	0.90	1.22
	매승주법	혼합쓰레기	7.77×10 ⁵	7.73×10 ⁵
대전시 (차동훈, 1998)	혼합쓰레기	0.76	1.25	
일본전역 (山田正人等, 2000)	종이류(생분해성)	에너지소비 : 434	에너지소비 : 560	1.29
		온난화가스 : 0.63	온난화가스 : 0.72	3.25
	플라스틱(난분해성)	에너지소비 : 114	에너지소비 : 118	1.13
		온난화가스 : 3.01	온난화가스 : 0.80	0.27

이상과 같은 분석결과를 보면 비용측면, 특히 서울시와 같이 생활폐기물의 매립에 장거리 수송을 필요로 하는 지역에서는 소각방법이 유리하고, 환경성 측면에서는 정확한 우열의 비교가 어렵지만 <그림 3>과 같이 종이류와 음식물 등 분해성 물질이 많은 생활폐기물의 특성상 소각방식이 매립보다 유리하다고 판단되었다. 이상의 결과에서 감량과 재활용을 하고 난 후에 배출되는 생활폐기물은 소각하고 매립하는 것으로 폐기물관리 우선순위를 결정하였다.

2) 소각대상량

비용비교와 환경성비교에서 매립방식이 소각방법보다 우위에 있었다면 현재 확보된 3개의 소각시설에서 처리할 수 있는 생활폐기물을 제외한 양은 매립 또는 소각 이외의 다른 방식으로 처리해야 할 것이다. 그러나 소각방식보다 매립방식이 비용우위에 있다고 평가했으므로 소각대상량을 평가해야할 단계에 이르게 되었다.

먼저 「일정률 할당법」에 입각하여 소각대상량을 평가하였다. 서울시와 같은 대도시의 경우 발생량의 50% 이내에서 소각대상량을 결정하도록 권장하고 있으며, 후속처리방법에 이룰수록 여유용량을 많이 확보하려는 속성이 있다는 점을 감안하면³⁵⁾, 50%를 충분히 활용할 것으로 보았다. 이 경우 2011년에 서울시 생활폐기물의 소각대상량은 1일 발생량 11,253톤의 50%인 5,627톤이었다.

「단계적 배분법」에 따라 소각대상량을 결정하

35) 감량 다음에 재활용, 재활용 다음에 소각, 소각 다음에 매립이라는 관리방법의 순서를 생각한다면 재활용시설보다는 소각시설의 여유용량을 많이 부여하고, 소각시설보다는 매립시설에 여유용량을 많이 부여하게 된다.

면 처리대상량은 1일 3,840톤으로 평가되었다. 그러나 이 양은 처리대상량 모두를 소각시설에서 처리한다는 조건에서의 양이며, 타지 않거나 유해 물질을 발생시키는 불연성 등을 분리하게 되면 소각대상량은 더욱 적어졌다. 2011년의 경우 처리 대상량 중 불연성 등의 함량은 1일 691톤으로 18%의 수준이었다. 따라서 이 양을 모두 분리한다면 소각대상량은 가연성 물질에 해당하는 3,149톤으로 줄었다. 여기에서 불연성 등에 대한 분리수거체계를 구축하고 있는 일본 동경도의 사례는 불연성 등을 분리할 경우에 어느 정도 분리가 가능한지를 보여주었다. 즉, 동경도에 따르면 지정된 불연성품목의 72.5%가 분리되고, 나머지는 혼합쓰레기에 섞여서 배출된다고 하였다³⁶⁾. 따라서 소각처리방법을 채택한 지역에서 불연성 등에 분리수거체계를 구축한다면 불연성 등의 발생량 중 27.5%는 소각시설로 반입되는 것으로 볼 수 있다. 이러한 사례를 참고한 결과, 2011년의 서울시 생활폐기물의 소각대상량은 1일 3,339톤으로 평가되었다. <표 9>에는 「단계적 배분법」과 「일정률 할당법」에서 산정된 서울시 생활폐기물의 소각대상량을 정리하였다. 표에서 발생량 대비 소각대상량(%)이 갖는 의미는 「일정률 할당법」에서도 감량과 재활용량을 고려하여 소각률을 결정한다면 「단계적 배분법」과 동일한 결과를 얻을 수 있으며, 결국 감량과 재활용을 포함하는 종합관리체계에서 처리시설을 결정하고자 한다면 「단계적 배분법」에 입각하여 처리시설의 수요를 판단할 수 밖에 없다는 것을 보여주고 있다.

<표 9> 2011년 서울시 생활폐기물 소각대상량 산정결과

구분	분리수거 체계	발생량 (A, 톤/일)	소각대상량 (B, 톤/일)	B/A(%)
단계적 배분법	불연성 등 비분리	11,253	3,840	34.1
	불연성 등 분리	11,253	3,339	29.7
일정률 할당법	불연성 등 비분리	11,253	5,627	50.0

5. 소각시설 수요 평가

소각시설의 수요는 소각대상량에 연간 가동일수, 최대 계절변동계수, 기계적 안전율을 고려하여 결정하게 된다. 서울시의 경우 연간 가동일수를 330일, 최대 계절변동계수를 1.044, 기계적 안전율을 0.96으로 정하고 있으며, 3가지의 조건이 반영될 가동률은 83%이었다³⁷⁾. 이 조건에서 산정된 소각시설의 수요는 불연성 등을 분리하지 않는 단계적 배분법에서 1일 4,627톤, 불연성 등을 분리하는 단계적 배분법에서 1일 4,023톤, 일정률 배분법에서 6,780톤이었다. 그리고 현재 서울시에는 400톤 용량의 양천시설, 800톤 용량의 노원시설, 900톤 용량의 강남시설 등 총시설용량 2,100톤의 시설을 확보하고 있으므로, 이 부분을 제외하면 불연성 등을 분리하지 않는 단계적 배분에서 2,527톤, 불연성 등을 분리하는 단계적 배분법에서 1,923톤, 일정률 할당법에서 4,680톤이라는 신규시설의 수요가 있는 것으로 평가되었다.

<표 10> 소각시설 수요평가 결과

구분	수거체계	총시설수요 (톤/일)	기존시설 (톤/일)	신규수요 (톤/일)
단계적 배분법	불연성 등 비분리	4,627	2,100	2,527
	불연성 등 분리	4,023	2,100	1,923
일정률 할당법	불연성 등 비분리	6,780	2,100	4,680

36) Bureau of Waste Management Tokyo Metropolitan Government(1999)

37) 가동률 83% = [(330일/365일) ÷ 1.044 x 0.96] x 100

· 결론

감량과 재활용사업이 폐기물관리방법 중에 자리잡아 가면서 그 성과의 다소에 의해 처리대상량이 크게 영향을 받고 있다. 일단 설치되면 장기간을 사용하는 폐기물 처리시설의 특성상 시설의 수요평가가 상위관리방법의 성과와 연계되지 못하면 과소 또는 과대로 확보되기 쉽고, 어느 경우이든 부절적인 재정지출과 관리여건을 초래하기 쉽다. 이에 본 연구는 감량, 재활용, 처리를 포괄하는 폐기물종합관리체계에서 소각시설의 수요를 평가하는데 목적을 두었으며, 우선 평가절차와 절차별 평소요소를 만들고, 실제로 서울시에 적용하여 서울시에서 필요로하는 소각시설의 수요를 평가하였다.

본 연구에서 작성된 평가절차는 계획기간 설정(1단계), 생활폐기물 발생특성 예측(2단계), 처리대상량 산정(3단계), 소각대상량 산정(4단계), 소각시설 수요평가(5단계) 등 5단계였다. 1단계의 평가요소로 시설수명과 법적 계획기간을, 2단계의 평가요소로 양과 질과 발생원과 분리실적을, 3단계의 평가요소로 감량가능성과 재활용가능성과 기존계획을, 4단계의 평가요소로 방법간 비교우위와 불연성 등의 분리여부를, 5단계의 평가요소로 기존시설의 용량과 설계변수를 설정했다. 환경부에서 제시한 소각시설 수요평가방법은 2단계에서 양과 추계수단만이 필요했으며, 3단계는 불필요했다.

서울시의 소각시설 수요평가를 위해 평가절차를 활용한 결과, 다음과 같은 결과를 보였다.

종합계획의 성격이 강하고, 이미 건설된 시설이 있고, 일시에 모든 시설을 건설할 수 없으므로 계

획기간은 2차 국가폐기물종합관리계획의 목표연도인 2011년으로 설정했다. 실측조사결과와 배출원의 규모변화를 결합하여 장래 발생특성을 예측한 결과, 2011년에 11,253톤의 생활폐기물이 발생하며, 사업장에서 발생량, 종이류의 양, 5종재활용품의 양 등이 점차 증가하는 것으로 나타났다. 음식물과 5종재활용품의 분리실적은 배출원, 품목 등에 따라 차이가 많았다. 1회용품과 음식물을 대상으로 발생량의 7%를 감량하고, 서울의제21의 목표와 연계성을 유지하기 위해 음식물과 5종재활용품을 대상으로 배출량의 63%를 재활용할 경우 처리대상량은 1일 3,840톤이었다. 비용과 환경성에서 소각방법의 비교우위가 인정되었으며, 불연성 등을 분리하지 않으면 1일 3,840톤이, 불연성등을 분리수거하면 1일 3,339톤이 소각대상량으로 평가되었다. 한편 환경부에서 제시하는 방법에 의한 경우 소각대상량은 5,627톤이었다. 현재 확보된 시설의 용량을 제외하면 2011년까지 신규로 요구되는 시설용량은 불연성을 분리할 경우 1,923톤, 불연성 등을 분리하지 않을 경우 2,527톤, 환경부의 방법을 따를 경우 4,680톤이었다.

환경부의 방법은 대단히 간단한 절차에 의해 소각시설의 수요평가가 가능했다. 그러나 환경부 방법에도 50% 이내라는 한계조건이 설정되어 있으므로 여기에 감량과 재활용률을 고려하고자 하면 소각률이라는 인자의 설정이 필요하고, 소각률을 결정하려면 본 연구에서 제시한 절차를 거칠 수 밖에 없을 것으로 보였다. 결론적으로 종합관리체계에 걸맞는 소각시설의 수요평가는 본 연구에서 제시한 방법에 준하여 이루어져야 하며, 본 연구에서는 감량 및 재활용을 분리하고 소각여부를 결정할 단계에서 비용과 환경성 등의 평가가

이루어졌지만 앞으로는 감량, 재활용, 처리라는 모든 단계를 동등하게 놓고 지역의 여건에 맞는 각 단계별 목표를 설정할 수 있는 도구의 개발이 필요하다고 본다.

참고문헌

경제기획원, 인구 및 주택센서스 보고, 1980, 1985
 경제기획원, 총사업체통계조사보고서, 1981, 1986
 녹색서울시민위원회·서울특별시, 서울의제21 : 21세기
 녹색서울만들기, 2000
 맹승주, LCA의 영향평가 기법개발에 관한 연구, 서울시
 립대학교 대학원, 1995
 서울특별시, 1999년기준 주민등록인구통계, 2000
 서울특별시, 난지도 매립지 안정화공사 기본설계보고서,
 1994
 서울특별시, 서울통계연보, 1980년이후 각년도
 서울특별시, 서울시 생활폐기물 청소원가 분석연구, 2001. 2
 수도권매립지운영관리조합, 수도권매립지 3공구 매립작업
 기본설계보고서, 1999. 8
 시민사회연구소, 폐기물처리에 대한 경제성 분석, 1997
 신동천, 소각처리의 안전성 확보 방안 평가, 쓰레기문제
 해결을위한시민운동협의회 주최 심포지움 발제문,
 2000. 6
 안전회계법인, 수도권매립지 1공구 반입료 재산정보보고서,
 수도권매립지운영관리조합, 1996. 9
 유기영, 도시쓰레기 배출특성해성을 위한 기법개발, 서울
 시립대 대학원, 1996
 유기영, 생활계 유해폐기물의 관리방안, 서울특별시 주최
 생활계폐기물 관리개선 정책토론회 발제문, 1999. 7
 유기영, 서울시 생활계폐기물 발생 및 처리경로 분석연
 구, 서울시정개발연구원, 1998
 정채춘, 폐기물관리와 자원화, 신광문화사, 1994
 차동훈, 전과정 평가기법 및 최적화 기법을 통한 대전시
 생활폐기물의 경경불이(經竟不二)적 관리, 한국과
 학기술원, 1998
 통계청, 1970~2020 시도별 추계인구, 1998
 통계청, 인구주택총조사보고서, 1990, 1995
 통계청, 총사업체통계조사보고서, 1991

한국소각기술협의회, 생활폐기물 소각로에 대한 현황조사
 및 데이터베이스화 조사연구, 조달청, 2000. 7
 한국자원재생공사, 폐기물 처리방법별 경제성 및 환경성
 비교평가, 1994
 환경부, '96전국폐기물통계조사, 1997. 8
 환경부, 생활폐기물 소각시설 설치지침, 1998. 4
 환경부·전국생활폐기물소각시설운영협의회, '99 생활폐
 기물 소각시설 운영현황, 2000. 3
 BUREAU OF WASTE MANAGEMENT TOKYO
 METROPOLITAN GOVERNMENT, Waste
 Management in Tokyo 1999, 1999