

폐기물 소각-에너지화 사업

작성자: 이 신, 허유경

1. 정책수행시기

- 1960~1985: 지역매립지에 일반쓰레기 매립
- 1978~1993: 난지도매립지 쓰레기 매립
- 1986: 목동 소각시설 가동
- 1991: 서울시 쓰레기처리 기본계획 수립
- 1992~2005: 4개 자원회수시설 건설
- 1993: 수도권매립지 쓰레기 매립 시작
- 2007~2010: 4개 자원회수시설 공동이용 합의도출

2. 당시의 상황: 정책 도입배경

우리나라는 1960년대 본격적인 경제개발과 함께 쓰레기양도 증가하였다. 발생한 쓰레기는 택지개발이 이루어지는 도시외곽 공간에 성토재의 일부로 사용되었고 1978년에는 난지도를 매립지로 활용하면서 매립방식으로 처리되었다.

111741492670436

서울은 급속한 발전을 통해 외적으로는 1986년 아시안게임 개최, 1988년 올림픽 게임 개최 등 국제적인 도시로 변모하였으나 내부에서는 기존의 쓰레기 처리(난지도에 쓰레기 매립을 하는 방안)가 한계에 직면하며 폐기물처리방안에 대한 문제가 사회적 이슈로 부상하는 상황이었다.

이를 해소하기 위해 서울시는 1991년 ‘서울시 쓰레기 처리 기본계획’을 수립하면서 대대적인 소각시설 건립을 계획하게 되었다.

3. 정책의 중요성

인구밀도가 높은 도시지역은 발생하는 폐기물의 양이 많아 자체적으로 처리하는 경우 토지이용의 유연성이 떨어진다. 그렇다고 도심에서 멀리 떨어진 곳에 매립지를 확보하게 되면 수송비용이 만만치 않게 소요된다.

도시지역에서 폐기물 소각방식은 반입쓰레기를 1~2일 내에 처리하여 시설 공간이 작게 소요될 뿐만 아니라 소각 후 무게 및 부피가 획기적으로 줄고, 냄새발생이 적어 잔여물을 매립하더라도 매립량 감소 및 관리측면에서의 효과가 뛰어나다는 이점이 있다.

더불어 에너지 수요가 많은 도시지역에서는 소각과정에서 발생하는 열에너지를 이용하여 에너지 수요를 충당할 수 있기 때문에 소각방식은 도시지역에서 중요한 폐기물 정책이라 할 수 있다.

4. 다른 정책과의 관련

현대의 폐기물관리정책은 첫 번째로 원천감량 및 재사용을 기반으로 폐기물발생의 절대량을 감소시키고 둘째로는 불가피하게 발생한 폐기물을 물질 또는 에너지 회수를 통하여 자원화하며 마지막으로 앞의 두 단계에서 처리하지 못하는 폐기물에 대해서는 소각이나 매립 등의 방법으로 안전하게 처리하도록 요구한다.

따라서 발생할 폐기물의 양, 자원으로 회수할 폐기물의 양, 소각이나 매립으로 해결할 폐기물의 양을 각각 예측하여 전체적으로 균형을 맞추어야한다.

서울은 급격한 성장으로 인해 폐기물 발생량 원천감소 보다 매립량 감축을 위한 소각방식의 도입을 먼저 고민하였지만 그 이후 1995년 쓰레기종량제, 2003년 생산자책임재활용제도, 2005년 음식물쓰레기 직매립금지 같은 정책으로 폐기물 발생량을 줄임으로써 소각 및 매립방식에 의한 폐기물처리 의존도를 낮출 수 있었다.

5. 정책목표

- 발생한 폐기물을 최대한 처리하여 매립방식으로 처리되는 폐기물량을 최소화
- 적정규모의 폐기물처리시설 설치로 활용도 및 자원회수비를 최대화
- 소각과정의 유해물질 발생을 최소화하고 지역주민의 안심도 증대
- 지역주민을 위한 부대시설과의 복합화로 지역주민의 복지 향상

6. 주 정책내용

1) 공동이용 소각시설 확보

서울에는 현재 양천시설, 노원시설, 강남시설, 마포시설 등 4개소의 소각시설(1일 처리능력 400톤 이상의 시설)이 운영 중이며, 1991년에 이들 시설에 대한 건설계획이 수립되어 지금에 이르고 있다.

1991년 계획수립 당시에는 11개 소각시설, 하루 16,500톤의 처리능력을 갖추는 것으로 계획하였으나 실제로는 4개소의 시설만 건설했다. 건설 사업은 1992년 10월부터 시작하여 1996년 2월에 양천시설이, 1997년 1월에 노원시설이 건설되었다. 이어 2001년 12월에는 강남시설이, 2005년 5월에는 마포시설이 완공되었다.

1992년 12월에 공사가 시작된 양천시설은 1996년 2월에 건설이 종료되었다. 시설용량이 400톤에 200톤의 소각로 2기로 이루어졌다. 노원시설 역시 1992년 12월에 착공했는데 완공은 양천시설보다 한해 뒤인 1997년 1월에 완공되었다. 시설용량은 800톤으로 400톤의 소각로 2기로 구성되었다. 한편 강남시설은 1994년 12월부터 시작해 2001년 12월에 그 공사가 종료되었다. 시설용량은 4개 시설 중 가장 큰 900톤이며, 300톤 소각로 3기로 구성되어 있다. 마포시설은 강남시설이 완공된 2001년 12월에 착공해 2005년 5월에 완공되었으며 시설용량은 250톤 소각로 3기로 총 750톤이다.

표 1. 서울시 소각시설 건설개요

구분	양천시설	노원시설	강남시설	마포시설
시설규모	400톤/일(2기)	800톤/일(2기)	900톤/일(3기)	750톤/일(3기)
공사기간	1992.12~1996.2	1992.12~1997.1	1994.12~2001.12	2001.12~2005.5
부지면적	14,627㎡	46,307㎡	63,813㎡	58,435㎡
건설비	321억원	743억원	1,155억원	1,712억원
소각로	스토커형	스토커형	스토커형	스토커형 +로터리킬른
대기정화 시설	<ul style="list-style-type: none"> • 세정탑 • 반건식반응탑 • 백필터 • SCR촉매탑 	<ul style="list-style-type: none"> • 전기집진기 • 습식세정탑 • 백필터 • SCR촉매탑 	<ul style="list-style-type: none"> • 세정탑 • 반건식반응탑 • 백필터 • SCR촉매탑 	<ul style="list-style-type: none"> • 반건식반응탑 • 백필터 • SCR 촉매탑 • 경찰필터

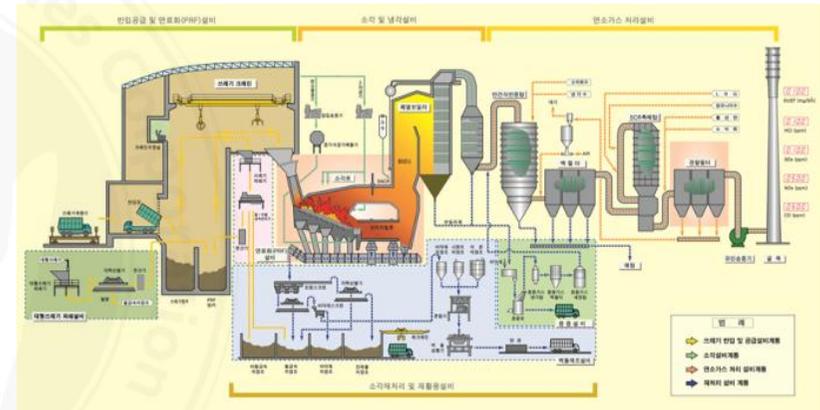


그림 1. 마포소각시설의 구조

이 소각시설들은 1일 2,850톤의 처리능력을 가지고 있고, 이것은 설계했을 당시의 쓰레기양과 향후 추정량을 바탕으로 산출되었다. 1991년 계획내용(시설 수 11개소, 1일 처리능력 16,500톤)과 실제로 건설된 시설의 규모(4개소, 1일 처리능력 2,850톤)를 비교하면 시설 수는 36%, 시설용량은 17% 수준에 불과하여 서울시 전체 생활폐기물관리에 크게 도움이 되지 않을 것처럼 보인다. 그러나 소각시설이 건설되는 동안 쓰레기종량제 도입, 재활용 확대, 음식물쓰레기 자원화 등 다양한 감량정책이 이루어져 4개의 소각시설이 본격적으로 설치·가동되던 2000년대에는 소각대상량이 현저히 줄었고 구만큼 4개 시설의 서울시 전체 생활폐기물에 대한 대응력은 높아졌다. 양천시설을 예로 들면, 양천시설은 당초 양천구에서 400톤의 일반쓰레기가 발생할 것으로 보고 설계되었다 그러나 실제로 양천구에서 발생한 일반쓰레기의 양은 2002년 212톤, 2012년 101톤으로 시설용량과 비교하여 각각

53%, 25%에 불과했다. 노원시설도 설계용량과 대비하여 실제 일반쓰레기양은 각각 25%(2002년), 15%(2012년) 수준이었고, 강남시설은 33~34% 수준이었다. 마포시설은 당초에 마포구, 중구, 용산구의 3개 자치구의 일반쓰레기를 처리할 목적으로 설계되었으며 시설용량은 750톤이다. 그러나 실제 3개 자치구에서 발생한 일반쓰레기의 양은 2012년 60% 수준에 불과했다.

표 2. 서울시 소각시설의 시설용량과 실제 일반쓰레기 발생량의 비교

시설	설계당시 처리구역	시설용량 (톤/일)	2002년 일반쓰레기 (톤/일)	2012년 일반쓰레기 (톤/일)
양천시설	양천구	400(1.00)	212(0.53)	101(0.25)
노원시설	노원구	800(1.00)	201(0.25)	121(0.15)
강남시설	강남구	900(1.00)	294(0.33)	305(0.34)
마포시설	마포구, 중구, 용산구	750(1.00)	-	453(0.60)

일반쓰레기의 감소는 4개 소각시설의 처리구역 확대를 가능하게 했다. 2007년부터 4개 시설에 인근 자치구의 생활폐기물까지 반입되기 시작하여 양천시설은 양천구 외에 영등포구와 강서구의 폐기물이, 강남시설은 강남구 외에 7개 자치구의 생활폐기물을 처리하게 되었다. 현재까지 서울시 4개 소각시설은 25개 자치구 중 22개 자치구에서 발생한 일반쓰레기를 처리하고 있다.

공동이용이 이루어지기 전까지 4개 시설의 활용도는 매우 낮았다. 2005년의 실적에 나타나듯 양천시설 33%, 노원시설 19%, 강남시설 24%, 마포시설 59%에 불과했다. 시설이 소재하는 자치구 그리고 시설주변 주민들이 타 지역 생활폐기물의 처리를 원하지 않았기 때문이다. 다양한 정책을 통하여 일반쓰레기가 감량된 것은 바람직한 성과였으나 이로 인해 소각시설의 활용도가 낮아지고 소각로, 대기오염 방지설비, 정밀 제어장치들의 노후화나 오작동 같은 기술적 우려를 생겨났다. 서울에 소재하는 시설을 성능만큼 활용하지 못하는 사이에 많은 일반쓰레기가 서울로부터 45km 떨어진 수도권매립지에서 처리되었고 그만큼 수송비용과 수송에너지가 소요되어 소각시설을 건설하고 운영하는 서울시 당국을 곤혹스럽게 만들었다.

그렇다고 서울시가 아닌 자치구 단위에서 소각시설을 건설하고 운영하는 것은 전문인력 확보에서 바람직하지 못하다. 폐기물 소각시설은 높은 수준의 기술이 필요하고 24시간 가동되어야 하기에 동일한 업무에도 많은 인력이 필요하다. 소각시설들은 시설별로 약 70명이 투입되며 국가공인 기술자격이 필요한 분야도 많아 시설당 12~20인 가량이 소요되고 있다. 산업안전 분야, 전기 분야, 에너지이용 분야, 환경오염방지 분야, 소방시설 분야, 고압가스관리 분야 등에서 공인 인력이 필요한 만큼 소각시설에서 전문 인력을 확보하고 대규모 시설을 운영하기 때문에 당연히 운영비용도 이 막대하게 소요된다. 4개 소각시설의 운영에는 2012년 기준 시설별

로 83억원에서 213억원 가량이 지출되며 3개 자치구의 생활폐기물을 처리하는 마포시설을 제외하면 5억원~15억원의 손실이 발생했다. 이에 따른 전제적인 운영손실은 연간 155억원이고 서울시 재정으로 충당하고 있다. 시설의 건설에도 서울시와 국가가 3,931억원 모두를 부담했다.

표 3. 서울시 소각시설 운영수지(2012년 기준)

(단위 : 백만원)

구분	수입	지출	수지(수입-지출)
양천시설	3,236	8,384	-5,148
노원시설	4,659	14,606	-9,947
강남시설	19,794	21,338	-1,544
마포시설	14,472	13,378	+1,094
계	42,161	57,706	-15,545

위와 같은 사실들을 종합하면 소각시설과 같은 기술집약적이고 규모가 큰 시설은 자치구 단위로 운영하는 것보다 서울시 단위의 대규모 시설로 운영되는 것이 전문성 확보와 비용절감 등에서 유리하다.

앞서의 문제점들을 해결하고 비용절감을 위해 서울시는 2001년부터 기존 4개 소각시설을 가까운 자치구들과 공동 사용하는 소각시설의 광역화사업에 착수했다. 그러나 지역시설을 광역시설로 자리매김해가는 과정은 험난했다. 4개 소각시설 주민들의 동의가 필요했다. 주민들은 주민지원협의체라는 대표기구를 통해 소각시설의 운영과 관련해 해당 지역 주민들의 건강과 복지에 대한 업무를 수행하고, 서울시와의 협약에 의해 폐기물 반입지역 및 폐기물 성사 감시 등 중요한 업무를 협의하는 기능도 가지고 있기 때문이다. 주민들이 동의하기까지 시설에 따라 서울시와 주민지원협의체는 1년에서 9년의 수많은 협의와 만남이 이루어졌다.

공동이용은 여러 방면에서 긍정적인 성과가 나타냈다. 우선 4개의 소각시설을 이용하는 서울시의 자치구가 크게 늘어나, 2014년에는 22개소로 확대되었다. 또한 공동이용으로 인해 시설활용도가 대폭 개선되어 2006년 19~59%(전체시설의 33% 수준)에 불과하던 시설활용도가 2012년에 77~92%(전체시설의 85% 수준)로 향상되었다.

공동이용 후 4개 소각시설은 서울시의 25개 자치구의 권역시설로 자리 잡아 서울시 전역을 4개 처리권역으로 구획화할 수 있게 되었다. 공동이용이 이루어지고 있는 현재 서울시 25개 자치구는 서남처리권역(양천시설), 동북처리권역(노원시설), 동남처리권역(강남시설), 서북처리권역(마포시설)으로 구획되고 있다.

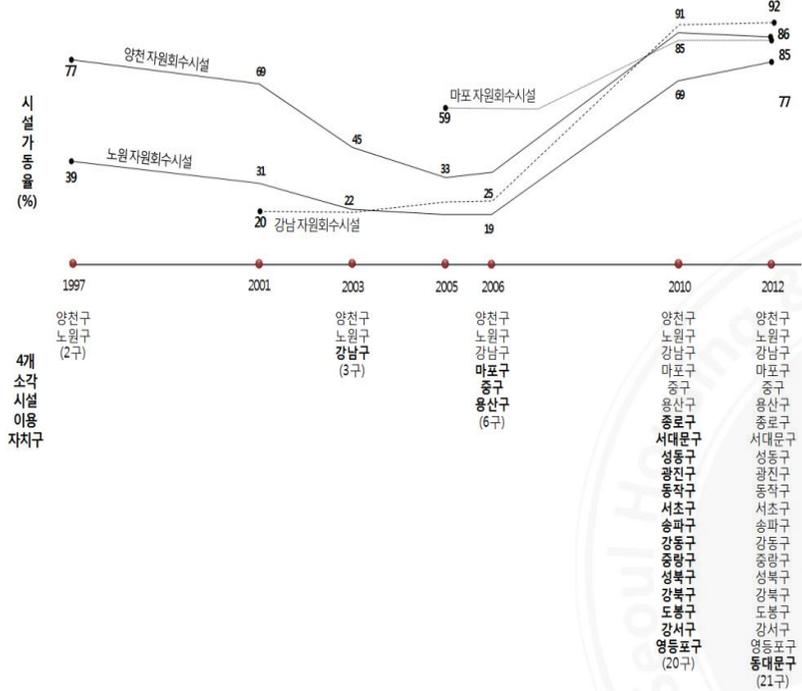


그림 2. 소각시설 공동이용에 따른 시설가동율과 공동이용 자치구의 변화

111741492670436



그림 3. 서울시 소각시설과 처리권역

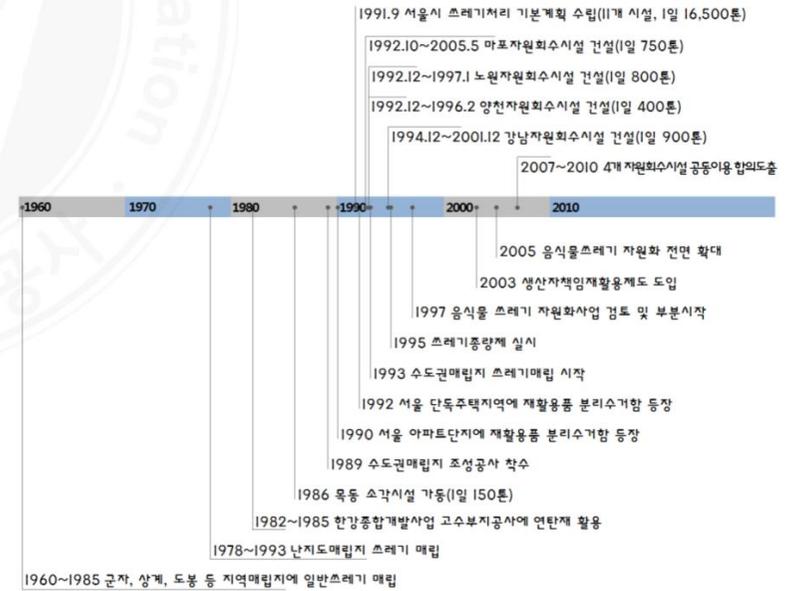


그림 4. 서울시 소각시설 건설과 폐기물관리정책의 주요변화

2) 신시가지건설과 소각시설-지역난방시설 연계

우리나라의 도시는 지난 60년간 크게 성장했고, 농촌에서 도시로 유입되는 인구를 수용하기 위해 주로 도시외곽이 주택지역으로 급속도로 개발되었다. 서울은 1960년대에 여의도(1967), 영동(1967)이 신시가지로 조성되었으며, 1970년대에는 종로와 중구에 밀집된 도심의 기능을 분산하기 위해 잠실(1971)이 조성되었다. 1980년대에 이르러서는 개포(1981), 고덕(1981), 목동(1983), 상계(1985) 등이 대규모 주거단지로 개발되었다.

신시가지 조성 과정을 통해 2개의 소각시설 입지를 확보했다. 양천시설(1983년 5월, 목동지구 신시가지 개발계획에서 건설 결정)과 강남시설(1986년 1월, 폐기물 처리시설로 도시계획시설 결정)이다. 다른 2개 소각시설도 상황은 비슷하다. 마포 시설은 2000년부터 추진된 상암택지개발지구 중 하나인 월드컵공원의 일부 부지에 건설되었으며, 노원시설이 건설된 부지는 상계지구가 개발(1985년) 되기 이전인 1977년 12월에 이미 폐기물처리시설로 지정되었다.

이와 같이 신시가지 개발 과정과 연계한 소각시설 건설은 건설부지를 비교적 쉽게 확보하게 하고, 건설과정에서 필연적으로 발생하는 지역주민과의 갈등도 줄일 수 있다는 점에서 큰 의의가 있다. 또한 지역난방열원으로서 소각열을 유용하게 활용하는 것도 신시가지 개발과 연계한 소각시설 건설의 장점이다. 지역난방은 1877년 미국의 뉴욕주 Lock Part에서 시작되어 이후 미국, 유럽, 일본 등으로 전파되었다. 우리나라에서는 1981년 여의도, 동부이촌동, 반포지구 등에 난방열을 공급하기 위해 서울화력발전소를 열병합발전방식으로 개조한 것에 대한 타당성 검토를 한 것이 출발점이었다. 실제 시작은 목동, 신정동의 주택 2만 가구에 지역난방열 공급이었다. 1, 2차 오일쇼크 이후 사회적으로 에너지 효율화에 대한 관심이 높았던 1970년대 이후 1987년 열병합시설로 서울화력발전소 개조와 1989년 일산을 포함한 5개 신도시에 지역난방사업 실시가 결정되었다. 이 흐름에 맞추어 서울시의 4개 소각시설 역시 지역난방시설과 연계해 설치할 수 있었다. 양천지역사업의 경우 14만호 주택에 난방을 공급하며, 여기서 지역난방에 대한 소각열의 에너지비중은 16%이다. 12만8천호에 난방을 공급하는 노원지역의 소각열 에너지비중은 23%, 17만6천호인 강남지역 소각열 에너지 비중은 27%이다. 7만호 주택에 난방을 공급하는 마포지역의 경우 소각열 에너지비중은 57%로 가장 높다.

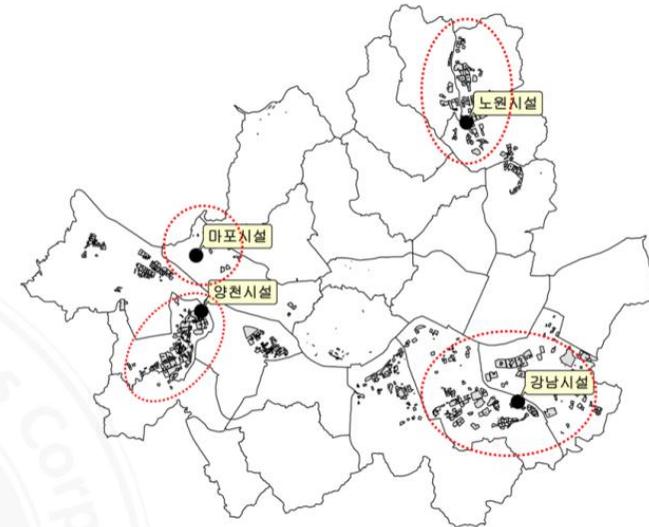


그림 5. 서울시 지역난방지역과 소각시설 위치

다시 말해 서울시 4개 소각시설은 모두 인근에 지역난방시설을 두고 소각열을 공급하고 있다. 이와 같은 방식으로 활용되는 소각열은 4개 지역난방시설 에너지원의 16~57%를 차지하고 있다.

표 4. 소각시설·지역난방시설 연계현황

구분	양천지역	노원지역	강남지역	마포지역
지역난방 규모	140,000호	128,000호	176,000호	70,000호
소각시설 생산에너지	열 전기	열	열	열 전기
지역난방 에너지원 (2012년)	<ul style="list-style-type: none"> 소각열: 15.7% 발전열: 51.0% 열생산: 33.3% 	<ul style="list-style-type: none"> 소각열: 23.2% 발전열: 37.8% 열생산: 39.0% 	<ul style="list-style-type: none"> 소각열: 27.0% 발전열: 12.7% 열생산: 60.3% 	<ul style="list-style-type: none"> 소각열: 56.8% 발전열: 33.8% 열생산: 9.4%

3) 환경오염관리

생활폐기물 소각시설에는 쓰레기 소각로를 비롯한 저장 공간, 운반차량 등 여러 종류의 환경오염물질 배출원이 존재하고, 그 외에도 악취나 먼지, 질소산화물로 대표되는 일반적인 물질을 포함해 염화수소, 황산화물, 다이옥신과 같은 쓰레기 소각장의 특징적인 물질 등 환경오염 물질의 종류도 매우 다양하다.

특히 베트남 전쟁에서 미군이 사용한 고엽제에 노출된 군인들과 그 자녀들에게서 건강장애가 나타난 것을 계기로 1990년대 초반에 다이옥신이 세계적인 관심사가 되었고, 이와 비슷한 시기에 쓰레기 소각장이 다이옥신의 주요 발생원으로 알려졌다.

그 결과 우리나라의 시민사회가 소각방법에 대해 문제를 제기했고, 소각시설 주변 지역 주민들 역시 시설 입지를 비롯해 환경 대책에 대해 우려의 목소리를 높였다. 이에 대응해 서울시는 시설 설치와 시설운영 과정 전반에 대해 면밀한 환경오염대책을 마련했다.

먼저 지나치다 싶을 정도로 복잡한 소각가스 정화시설을 설치해 운영하고 있다. 인근 주민들이 소각시설에 대해 가장 우려하는 환경적인 피해는 소각가스와 함께 배출되는 오염물질이다. 여기에는 수은과 같은 중금속, 황산화물을 비롯한 질소산화물 등의 부식성 물질, 다이옥신과 같은 유해물질들이 포함되어 있다. 서울시의 소각시설들은 이 같은 물질을 제거하기 위해 중화설비, 먼지제거설비, 촉매설비를 갖추고 있으며, 이 설비의 설치에 건설비의 50% 이상이 투입된다. 운영을 할 때도 공기정화설비의 약품, 에너지, 설비교체 등에 상당한 비용이 소요되고 있는 실정이다.

2012년에 조사된 배출가스 측정결과를 보면 4개 소각시설 전부가 배출기준의 절반 이하 수준으로 배출되고 있으며, 나머지 항목 역시 1/10~1/1,000 수준으로 배출되고 있어 배출물질 관리가 철저하다는 사실을 알 수 있다.

표 5. 서울시 소각시설 배출가스 분석결과(2012년)

구분	배출기준	양천	노원	강남	마포
먼지(mg/Sm ³)	20	2.07	1.74	1.14	0.88
황산화물(ppm)	30	0.43	0.14	0.29	0.34
질소산화물(ppm)	70	23.00	23.78	12.39	16.67
일산화탄소(ppm)	50	10.30	7.16	10.55	1.07
염화수소(ppm)	20	2.26	0.48	2.73	1.15
다이옥신(ng/Nm ³)	0.1	0.000~0.009	0.000~0.003	0.000~0.002	0.000~0.000

* 다이옥신 배출기준강화 : 0.5→0.1ng/Nm³(2003.7)
 * 먼지 배출기준강화 : 30→20mg/Sm³(2010.1)
 * 질소산화물 배출기준강화 : 80→70ppm(2010.1)

둘째, 소각시설에 유해쓰레기가 유입되지 않도록 반입쓰레기의 성상을 조사하고 있다. 처음부터 환경오염 유발물질이 소각시설에 들어오지 않도록 차단하는 것이 우수한 환경오염방지시설의 운영만큼 중요하기 때문이다.

수은을 비롯한 중금속 물질은 폐기물 속에 포함되어 있다가 연소 시에 대기가스 등으로 변화하여 공기 중에 확산된다. 특히 다이옥신은 연소과정에서 방향족 물질과 염소성분이 결합되어 형성된다고 알려져 있다. 또한 다이옥신 생성 원인 폐기물은 음식물쓰레기, 수분함량이 높은 폐기물, PVC 제품 등이다. 즉 다이옥신은 쓰레기에서 유발되어 연소과정에서 만들어지는 것이다. 따라서 이런 물질들을 주택과 사업장 등 쓰레기 배출원에서 분리하도록 당부하고 있다.

위와 같은 철저한 관리에도 불구하고 이들 물질이 쓰레기에 섞여 들어갈 가능성도 무시할 수 없으므로 소각시설에서는 반입차량을 무작위로 조사하고 이 같은 물질이 혼입되어 있는지 확인하고 여기서 발견되면 해당 차량은 돌려보낸 후 벌칙도 가고 있다. 이 조사와 감시가 주민지원협의체에서 추천한 사람들(이들을 주민감시요원이라 한다)에 의해 이루어진다는 점에 큰 의의가 있다. 이들은 쓰레기 반입이 이루어지는 시간 내내 활동한다. 음식물쓰레기 분리수거가 이루어진 직후에는 소각시설 반입쓰레기에 평균 10~20%의 음식물쓰레기가 포함되어 있었다. 그러나 현재는 5% 미만을 유지하고 있다. 이것은 반입쓰레기에 대한 감시가 철저히 이루어지기 때문이다.

셋째, 대기오염물질을 실시간으로 측정하고 이에 대한 표출 체계를 운영하고 있다. 이는 배출가스 정화시설의 완벽한 설치, 반입쓰레기의 성상 감시와 함께 대표적인 관리 시스템의 하나이다. 이 시스템은 배출되는 가스에 환경오염물질이 어느 정도 포함되어 있는지 실시간으로 측정해 외부에 보여준다. 여기에는 굴뚝자동측정시스템, 다이옥신시료 자동채취기, 배출가스 농도표출 전광판 등이 포함되어 있다. 측정 결과의 객관성을 확보하기 위해 관련 시설운영자들은 측정장비에 접근할 수 없게 되어 있다. 이 중 굴뚝자동측정시스템(Tele-Monitoring System)은 소각시설 굴뚝의 중간에 설치된 측정기에서 먼지(dust), 황산화물(SO₂), 염화수소(HCl), 질소산화물(NO_x), 일산화탄소(CO), 산소(O₂), 유량, 온도 등을 자동으로 측정하고, 그 결과를 실시간으로 시설의 중앙제어실과 정부의 관제센터로 전송한다.

이와 동시에 시설주변의 주민들 역시 측정결과를 볼 수 있게끔 결과정보를 전광판을 통해 표시한다. 전광판 설치장소는 강남시설이 3개소, 그 외 양천, 노원, 마포시설이 1개소씩이다. 특히 다이옥신은 주민들이 가장 신뢰하지 않은 환경오염물질이었다. 다이옥신은 다른 환경오염물질과 다르게 실시간 자동측정을 할 수 없다. 때문에 6개월에 한번씩 사람이 채취(1일 이내)하고, 이것을 다시 실험실로 운반해 분석해야 한다. 따라서 주민들은 시료채취가 이루어지지 않은 대부분의 기간을 비롯해 시료채취과정에서 발생할 수 있는 인위적인 조작 가능성 때문에 분석결과를 신뢰하지 않았다. 다이옥신 측정방법이 가지는 본질적인 한계점과 주민들이 지속적으로

보여줬던 측정결과에 대한 불신을 해소하기 위해 서울시는 유럽에서 활용되고 있던 다이옥신시료자동채취기를 서울시 4개 소각시설의 모든 굴뚝에 설치했다. 시료채취 키트에 3~6개월간 소량의 배출가스로부터 다이옥신을 흡수하여 보관하므로 그 기간에 배출가스에 포함된 다이옥신의 양을 추정할 수 있게 된다. 사용된 키트는 다이옥신 함량 분석에 활용되고 교체된 새로운 키트가 그 다음 기간 동안 다이옥신 분석용 시료를 채취한다.



소각시설 주변의 배출가스농도 전광판 다이옥신시료 자동채취기 키트

그림 6. 배출가스 환경오염물질농도 전 광판 및 다이옥신시료 자동채취기 예

넷째, 쓰레기 수송차량의 운행시간 및 차량수를 억제하고 있다. 쓰레기를 다량 싣고 움직이는 쓰레기 반입차량은 수송과정에서 필연적으로 악취를 유발하며, 자동차 배기가스를 배출하고 도로에는 교통량을 늘리는 원인이 된다. 이 같은 문제를 해결하기 위해 폐기물 반입시간을 야간, 새벽으로 한정하여 시민들에게 시각적으로 노출되는 것을 막고 상대적으로 교통량이 적은 시간대를 활용함으로써 도로 용량을 효율적으로 이용한다. 또한 시설 소재 자치구 이외의 자치구에서 반입되는 폐기물은 11톤 이상의 차량으로만 수송하게 하여 운행차량의 수도 근본적으로 억제하고 있다.

8. 정책효과

111741492670436

1) 매립량 감축

서울시는 자체적으로 보유하고 있는 매립시설이 없으며 향후에도 확보할 가능성이 희박하다. 따라서 쓰레기매립량 감축이야말로 서울시의 생활폐기물 관리 중 핵심적인 과제라 할 수 있다. 이러한 측면에서 서울시 소각시설 4개소의 공동이용은 서울

시의 생활폐기물 매립량 감축에 획기적인 기여를 하고 있다.

2012년의 매립량은 양천시설과 노원시설이 가동된 직후인 1997년 매립량 대비 10%에 불과하다. 매립량을 감축할 수 있었던 데는 우선 1/3로 줄어든 원천적인 쓰레기량(소각량+매립량)이 크게 기여했다. 또한 이와 더불어 소각량 역시 1997년에 비해 3~4배 늘어나, 소각량+매립량 중 매립량의 비중이 1997년 93.6%에서 2012년에 25.4%로 획기적으로 줄어들었다.

만일 공동이용이 달성되지 않은 채 소각시설이 소재한 자치구 및 처리 범위에 포함되어 있던 자치구(양천구, 노원구, 강남구, 마포구, 중구, 용산구)의 폐기물만 처리한다면 소각량+매립량 중 매립량의 비중은 2006년 실적과 동일하게 76.3% 수준을 유지할 것이다. 따라서 위와 같은 성과는 서울시 전체의 생활폐기물 관리실적에도 반영되어 공동이용 후의 매립량은 2012년에 7.8% 수준으로 기존과 대비하여 획기적으로 감소했다(1997년에는 61.9%).

표 6. 소각시설 공동이용 전후의 매립량 변화

구분	공동이용 전			공동이용 후	
	1997	2003	2006	2010	2012
소각시설	양천시설 노원시설	양천시설 노원시설 강남시설	양천시설 노원시설 강남시설 마포시설	양천시설 노원시설 강남시설 마포시설	양천시설 노원시설 강남시설 마포시설
4개소 시설 소각량(톤, [1])	187,096	162,795	320,562	740,287	771,110
매립량(톤, [2])	2,730,200	1,866,096	1,033,738	527,790	262,435
소각+매립량(톤, [3]=[1+2])	2,917,296	2,028,891	1,354,300	1,268,077	1,033,545
매립율(%: [2]/[3])	93.6	92.0	76.3	41.6	25.4
매립율(%: 생활폐기물 기준)	61.9	42.4	24.8	14.4	7.8

2) 에너지 절감

서울시의 소각시설로 반입되는 생활폐기물의 잠재열량(저위발열량)은 1kg 당 2,762kcal이다. 평균 74%의 소각열을 회수하는 능력을 갖추고 있는 서울시 소각시설은 회수된 열의 일부를 시설운영에 사용하고, 나머지 대부분을 인접 지역난방 시설에 판매한다. 공동이용을 하기 전인 2006년 에너지 판매량은 561,411Gcal이었으나 공동이용이 이루어진 2012년에는 1,269,336Gcal으로 늘었다.

난방 등 측면을 보면 공동이용 전에는 회수된 에너지를 활용해 인근 약 5만2천 가구의 난방과 온수 공급을 할 수 있었으나 공동이용 후부터는 회수량이 늘어나 공급

가능 가구 수가 5만 가구 이상 늘었다.

소각열 활용은 추가적으로 중요한 환경적 의의를 갖는다. 소각열 활용을 통해 난방 열과 온수를 대체할 수 있고, 이는 난방과 온수를 책임지고 있는 도시가스의 주요 연료인 LNG의 절감으로 이어진다. 따라서 환경적인 측면에서 LNG가 연소되면서 발생하는 이산화탄소 등을 줄여 온실가스 배출억제 효과로 이어지게 된다. 이 같은 온실가스 저감 효과는 공동이용 전인 2006년에는 2만7천 톤이었고, 공동이용 후인 2012년에는 6만톤이다. 이를 서울시 시내버스가 연간 배출하는 온실가스 양으로 환산하면 공동이용 이후로 연간 540대가 배출하는 온실가스가 줄어든 셈이다.

표 7. 소각시설 공동이용 전후 지역난방에너지 대체효과 비교

구분	공동이용 전 (2006년)	공동이용 후 (2012년)	비고
소각열판매량 (Gcal)	561,411 (1.0)	1,269,336 (2.3)	▶1가구당 연간 난방·온수 사용량 : 10.9 Gcal
도시가스대체량 (LNG m ³) (가구)	59,597,770m ³ 51,506가구	134,749,045m ³ 116,453	▶LNG 1 Nm ³ = 9,420 Kcal ▶1가구당 연간 난방·온수 사용량 : 10.9 Gcal
온실가스저감량 (톤 CO ₂) (시내버스, 대)	26,725톤 239대	60,426톤 540대	▶LNG 1 Nm ³ = 2.23 kg CO ₂ ▶서울시 시내버스 온실가스배출량 : 112톤 CO ₂

9. 주요 장애요소/장애극복방법

1) 소각시설 설치에 따른 지역주민의 반발

계획단계에서부터 소각시설은 다이옥신 등의 유해물질을 생산하고 자원을 태워 없애는 시설이라고 시민사회로부터 큰 저항을 받았다. 건설단계에서는 주변 지역 주민들이 환경오염과 더불어 지역의 재산 가치를 하락시킨다며 강력하게 반발했다. 이토록 반대가 심한 소각시설을 왜 25개 자치구가 알아서 건설하도록 맡기지 않고 서울시가 건설하고 운영하는지에 대한 의문의 목소리도 상당했다.

111741492670436

건설에는 주민들과의 갈등으로 인한 시간이 많이 소요되었는데 그 기간에 환경에 관한 사회적 관심이 자원순환사회로 이행되었다. 4개소의 소각시설 건설기간에 총 14년(1992~2005년)이 소요되었고, 그 동안 396건에 달하는 시설주변 주민들의 항의가 있었다. 항의형태는 주로 집단시위였고(67%) 나머지는 서류에 의한 문제제기였다. 주요 항의내용은 소각시설 건설반대 등의 근본적인 문제제기에서부터 부지 이전, 규모축소, 환경오염방지시설 설치 철거와 같은 사업의 세부적인 내용의 변경 요구 등에 이르기까지 다양했다.

장애극복방법

주기적이면서 장기간 주민건강 모니터링을 실시하고 있다. 서울시는 반입쓰레기 감시, 수송차량 통제 및 환경오염 방지시설의 적정운영과 이에 대한 모니터링을 비롯해서 소각시설 때문에 발생할 수 있는 주민들의 건강 영향 문제를 확인하기 위한 목적으로 2000년부터 건강영향 모니터링 사업을 시작하였다. 소각시설로 인한 다이옥신 등 유해물질이 주변지역 주민들의 건강에 미치는 영향을 장기적으로 관찰하며 동시에 소각시설로 인한 주변지역 환경영향을 객관적으로 평가해 소각시설의 안전성을 직접 확인하고 소각시설에 대한 주민들의 걱정을 해결하면서 만에 하나라도 위의 사항에 대한 부정적인 영향이 있다면 대책을 마련하는 것이 모니터링의 주된 목적이다. 조사는 크게 3가지로 구분하여 소각시설 주변지역에 대한 대기질 조사(환경영향), 주민의 혈중 다이옥신 및 중금속 조사(인체영향) 및 일반건강상태 및 심리상태 조사(건강영향) 등이다. 주변주민 중 고정연구집단, 자원자, 시설운영종사자를 대상으로 인체영향 및 건강영향 조사가 이루어지며, 최근에는 주민들의 의사에 따라 조사 대상이 고정연구집단으로 축소되는 경향이 있다. 반면에 오염물질의 종류는 점차 증가하여 대기 중 다이옥신, 블랙카본 농도 등이 추가되었다. 2014년에는 10차 조사가 진행되었고, 조사항목, 조사방법 및 조사대상은 주민지원협의체와의 합의하에 결정된다. 지금까지의 조사에서 소각시설을 원인으로 하는 특이한 환경, 인체 및 건강 영향은 발견되지 않았다.

표 8. 서울시 소각시설주변주민 건강영향조사 개요

조사기간	2000 ~ 2004년	2005 ~ 2008년	2009 ~ 2012	2013 ~ 2015
조사회수	3회	3회	3회	3회
조사지역	양천시설, 노원시설, 강남시설 영향지역 및 참고지역			
조사항목	▶환경영향평가:먼지, 중금속, 악취 ▶인체영향평가:혈중 다이옥신 및 중금속 등 ▶건강영향평가:일반건강검진 및 인식도 등 삶의 질 평가	▶1, 2단계와 동일 ▶대기중 다이옥신 평가 추가 ▶환경조사 가을 추가	▶1, 2단계와 동일 ▶대기중 다이옥신 평가 추가 ▶환경조사 가을 추가	▶3단계와 동일 ▶환경조사 중 교통영향 평가(블랙카본 등)
조사집단	영향지역·참고지역 주민, 근로자 구분조사		영향지역·참고지역 주민 구분조사	영향지역 주민 조사
조사방법	개별모집 추적조사	개별모집연구집단 추적조사	연구집단 추적조사	연구집단 추적조사
조사인원	▶중금속 : 270명 ▶다이옥신 : 53명	▶중금속 : 270명 ▶다이옥신 : 75명	▶중금속 : 270명 ▶다이옥신 : 100명	▶중금속 : 360명 ▶다이옥신·총양표지자:100명
비고		▶다이옥신 조사 대상자 증원	▶다이옥신 조사 대상자 증원	▶총양표지자 검사 추가 ▶교통영향 기여 평가 추가 ▶국민건강보험공단의 지역별 자료를 통한 질병 비교평가

표 9. 주민지원기금 조성현황(1996~2013)

구분	계	양천시설	노원시설	강남시설	마포시설
주민지원기금 (백만원)	169,945	45,230	63,765	60,275	675
영향권주민수 (세대)	12,537	3,413	6,190	2,934	0
소각량(톤) (1997~2013)	6,727,728	1,389,705	1,767,559	2,023,626	1,546,838
주민지원기금 (원/톤)	25,260	32,547	36,075	29,785	436
주민지원기금 (천원/세대)	13,556	13,252	10,301	20,544	-

지역주민의 신뢰를 얻기 위해 꾸준한 노력의 지속

소각시설의 건설에 따른 해당 입지지역의 주민들이 예민하게 받아들이는 이유는 다양하다. 부동산 가격의 하락을 포함하여 폐기물 소각으로 인한 오염물질의 배출과 이에 따른 환경, 건강, 인체에 미치는 영향 문제, 폐기물 수송차량이 늘어남에 따라 발생하는 교통 불편 등이 대표적이다.

이 중 부동산 가격의 하락 문제는 실제로 발생하기도 하는 현상이다. 그러나 시위 등의 격렬한 갈등이 외부에까지 알려지면 그 영향이 확실하게 나타나고 분규가 없으면 부동산 가격에 대한 영향이 사라진다고 한다. 그러나 혹시 있을지 모를 가능성, 불안감 역시 소각시설 건설로 인해 발생하는 주변지역의 피해라는 판단에 의거하여 서울시는 그 보상으로 난방비, 주택관리비, 임대료, 편의시설 사용료, 건강진단료 등을 보조하고 있다. 또한 1996년부터 2013년까지 조성된 주민지원기금은 가구당 1,356만원 수준이다.

대기오염물질이 배출되어 발생할 수 있는 주변지역의 피해를 막기 위해 서울시는 몇 가지 방안을 시행하고 있다. 주민대표들이 직접 감시활동에 참여해 반입쓰레기에 수분, 음식물쓰레기 및 유해폐기물이 혼입되는 것을 감시하는 방법이 있다. 여기서 적발되면 폐기물의 소각시설 반입이 금지되고 해당 차량은 한시적으로 운행정지를 당한다. 또한 대기오염배출상황은 실시간으로 측정되어 외부로 공개되며, 위에서 언급한 바와 같이 실시간 측정이 불가능한 다이옥신 등의 물질은 3개월 이상 시료 채취 장치를 설치해 안전운전 여부를 지속적으로 감시한다. 아울러 2000년부터는 환경, 영향, 건강에 대한 영향을 파악하기 위한 주민건강영향조사가 실시되고 있다.

이 같은 다양한 사업은 실제 시설의 운전이 문제가 발생해서가 아니고 주민과의 장기적인 신뢰를 이어가기 위해 수행되고 있는 것이다. 또한 소각시설과 유사한 폐기

소각시설 주변 영향지역 거주주민 대상 생활편의 증진사업운영

공동주택의 난방비, 관리비나 임대료 보조, 환경개선사업비(방수공사, 도장공사 등) 지원, 주민편익시설 이용료 및 의료비 지원 등 생활편의 증진사업이 추진되고 있다. 주변 지원대상은 소각시설 부지경계선으로부터 300m 이내 거주하는 주민으로, 양천시설 3,413세대, 노원시설 6,190세대, 강남시설 2,934세대로 총 12,637세대이다. 이 사업의 재원의 명칭은 주민지원기금이며 서울시 조례에 근거해 조성된다. 서울시 출연금과 공동이용 자치구 출연금 및 기금운영 수익 등을 통해 기금을 확보한다. 이 중 서울시 출연금은 소각시설을 건설할 때의 공사출연금과 해당 영향지역 공동주택 난방비 보조금(70% 이내)과 폐기물 반입수수료 출연금으로 구성되고, 폐기물 반입수수료 출연금은 반입수수료 징수액 10% 및 공동이용자치구들이 부담하는 반입수수료의 추가분 10%까지를 포함한다. 또한 공동이용 자치구 출연금은 공동이용협약에 의해 결정되고, 특히 양천시설의 사례를 보면 2020년까지 공동이용 자치구들이 반입수수료 외에 폐기물 1톤당 21,000원의 출연금을 별도로 부담한다. 기금운영의 수익은 대부분 은행이자이다. 1996년 양천시설이 운전을 시작했을 때부터 2013년까지 서울시의 4개 소각시설에서 조성한 주민지원기금은 총 1,699억원이다. 4개 소각시설로 반입된 폐기물 1톤당 조성금액은 25,260원이고, 또한 영향권지역 1세대당 지원기금의 규모는 1,356만원이다.

111741492670436

물 처리시설, 즉 음식물쓰레기 처리시설, 매립시설 등에도 충분히 적용될 수 있는 방법이다.

주민설명회 및 민원수용

서울시는 121회의 공개토론회 및 설명회를 개최해 주민들의 의견을 듣는 등 소각 시설 건설을 위한 노력을 기울였다. 소각시설 건설에 대해 주변지역 주민들은 강력한 항의의사를 표현했고, 그 결과 노원시설과 강남시설의 규모가 축소되었다. 즉 노원시설은 1,000톤에서 800톤으로 규모 축소, 강남시설은 1,800톤에서 900톤으로 축소되었다. 여기에 더해 강남시설은 당초 송파구와 공동이용을 추진했으나 강남구 단독이용으로 그 처리권역이 축소되었다.

사업기간은 주민들과의 토론·협의하는 동안 최소 3년에서 최대 13년이 소요되었다. 사업기간이 길어짐에 따라 나머지 계획시설 중 부지가 다른 용도로 사용되거나, 예산계획이 변경되는 일도 벌어져 체계적인 추진에 어려움이 발생했다.

또 4개의 소각시설 설치 후 해당 시설을 광역화시설로 사용하기 위해 주민지원협의체의 동의를 얻는 과정에서도 주민들과 많은 시간을 보내야 했다. 강남시설은 주민지원협의체와 서울시가 5년에 걸쳐 160여 차례의 회의를 가진 끝에 2007년 5월 7일에 공동이용에 합의했다. 노원시설은 6년 동안 100여 차례의 회의를 가지고 2007년 6월 30일에, 마포시설은 1년 동안 40여 차례 만난 후에 2009년 2월 10일에 합의에 도달했다.

한편 양천시설은 다른 시설에 비해 9년이라는 상대적으로 긴 시간이 소요되었으며 150여 차례의 회의를 통해 2010년 5월 10일에 마침내 공동이용에 합의했다.

지역주민을 위한 부대시설설치

이들 4개 광역 소각시설은 다양한 부대시설을 갖추고 있는데, 수영장, 피트니스센터, 골프연습장, 문화강좌실, 독서실, 강당 등이며 이를 인근 주민들이 저렴한 가격에 편하게 이용할 수 있도록 제공하고 있다.

111741492670436

표 10. 서울시 소각시설 내 부대시설

구분	양천시설	노원시설	강남시설	마포시설
공사기간	1992.12~1996.2	1992.12~1997.1	1994.12~2001.12	2001.12~2005.5
부지면적	14,627㎡	46,307㎡	63,813㎡	58,435㎡
건설비 (부대시설)	321억원 (81억원)	743억원 (94억원)	1,155억원 (94억원)	1,712억원 (95억원)
부대시설	<ul style="list-style-type: none"> 수영장 피트니스센터 독서실 강당 	<ul style="list-style-type: none"> 수영장 피트니스센터 문화강좌실 독서실 	<ul style="list-style-type: none"> 수영장 피트니스센터 문화강좌실 독서실 	<ul style="list-style-type: none"> 사우나 피트니스센터 골프연습장 독서실

2) 소각시설 설치·관리의 역할 및 비용분담

서울시가 25개의 자치구로 구성된 것은 행정편의를 위해서다. 대도시는 대부분 행정편의를 위해 물리적인 행정경계를 두는 것과 같은 맥락이다. 그러나 이런 경계가 비선호시설, 즉 폐기물 매립시설 및 소각시설 등의 확보에는 불리하게 작용한다. 논리적으로 생각하면 자치구마다 위와 같은 시설을 확보하는 것이 바람직하지만, 갈등은 언제나 존재하는 것이며 그렇다고 자치구마다 설치하면 시설규모가 작아져 효율적인 운영이 어려워진다. 규모가 작아지면 환경오염방지시설의 안정적인 운전 역시 불리해진다.

이런 이유에서 소각시설, 매립시설 등 대규모 폐기물 처리 시설은 광역자치단체가 설치해 운영하는 경우가 많다. 서울을 비롯한 일본 도쿄, 영국 런던, 프랑스 파리 등 대도시가 그렇다. 또 다른 공통점으로 서울을 비롯해 많은 도시들이 폐기물의 수집운반 및 재활용은 자치구가 담당한다. 시에 비해 자치구는 시민들과 직접 만나 협조를 구하기 쉽고, 효과적인 폐기물 수거가 용이하기 때문이다.

이처럼 자치구와 광역자치단체의 역할이 확실하게 분리되었음에도 처리시설에 대한 수요제기와 입지선정 면에서는 자치구의 의견 및 요구를 기반으로 추진하는 유연성이 필요하다. 특히 시설설치 위치, 규모, 공동이용지역은 자치구가 정하도록 하는 것이 바람직하다. 광역자치단체 보다 자치구가 해당 지역의 폐기물관리 수요와 지역주민들의 의견을 효과적으로 파악해 수렴할 수 있기 때문이다. 예를 들어 강남시설 건설에 계획 단계에서 시설 준공까지 총 7년이라는 시간이 걸린 것은 공사발주 후에도 시설용량과 위치 등에 대한 논란이 지속되었던 탓이다. 반면 마포시설은 시설용량, 위치, 공동이용지역을 사전에 모두 결정된 후 공사를 발주함으로써 큰 논란 없이 공사발주 후 3.5년 만에 시설을 완공할 수 있었다.

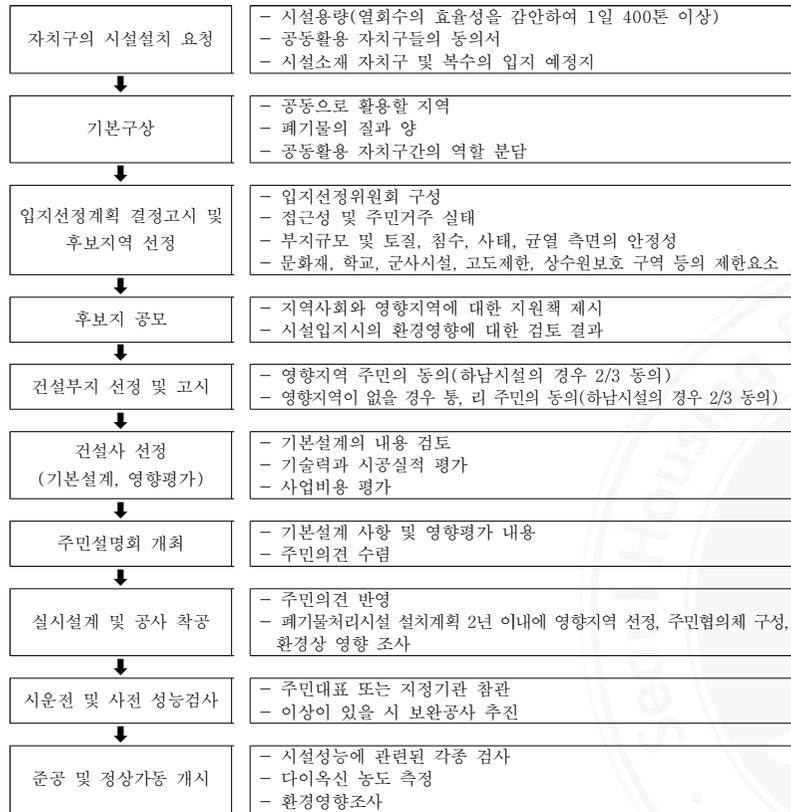


그림 7. Bottom up 형태의 소각시설 건설절차

참고문헌

- 서울특별시, 1991, 서울시 쓰레기처리 기본계획
- 서울특별시, 2013, 2012 환경백서 : 서울의 환경
- 서울특별시의회, 2006, 자원회수시설 생산성 향상에 관한 연구
- 유기영, 2014, 서울폐기물관리체계 A에서 Z까지
- 유기영, 조항문, 김귀영, 2013, 서울시 집단에너지시설 및 환경기초시설 통합운영 효율성 연구, 서울연구원
- 이범현, 2012, 2011, 경제발전경험 모듈화사업 : 한국형 신도시 개발, 국토해양부 · 국토연구원
- 한국지역난방공사 화성지사, 2013, 지역난방 열사용시설 핸드북
- 환경부, 2013, 전국 폐기물 발생 및 처리현황

111741492670436