

# 국내소각시설의 운영실태

과 장 김 찬수  
환경관리공단 기술진흥부

## I. 머리말

인구의 증가, 소득수준의 향상으로 생활폐기물과 사업장 폐기물은 계속 증가될 전망이다. 환경부에서는 2001년의 폐기물발생량이 '95년도의 147,591톤/일 보다 약 50% 증가한 220,635톤/일이 발생될 것으로 전망하고, 폐기물의 발생을 원천적으로 줄이는 감량화와 폐기물의 재활용에 우선 순위를 두고 소각, 매립을 억제하는 자원순환형 경제사회기반 구축을 위한 정책목표를 설정하여 폐기물관리를 하고 있다.

실질적으로 폐기물의 최소화와 재활용여부가 가려지는 중요한 요소는 폐기물의 분리수거라 할 수 있다. '95년 쓰레기 종량제 실시이후 과거에 비해 쓰레기 분리수거가 어느정도 체계화 되어 있으나 아직 폐기물 최소화 접근하기에는 미흡하고 또한 분리수거한 폐기물이 다시 매립지등으로 보내지는 사례도 발생되고 있어 이의 대책도 시급히 요구되고 있다. 또한 한번 버려진 폐기물은 국토가 좁은 우리의 현실을 감안할 때 매립보다는 소각 등의 중간처리후에 잔재물만을 매립하는 것이 보다 유리한 처분방법 이라고 보여지고 있어 최근 폐기물 소각 시설이 급격히 확충되고 있는 실정이다.

그러나 정부에서는 소각시설에서 발생하는 Dioxin이 이슈화 되면서 소각시설의 설치 및 운영규정을 강화하고 있어 이에 대한 대비책이 마련되어야 할 것이다. 따라서 국내 소각시설의 운영실태와 문제점을 살펴보고 소각설비의 선정시에 유의해야할 사항을 정리해 보고자 한다.

## II. 폐기물 발생 및 처리현황

우리국민이 환경오염문제중 가장 심각하게 생각하는 것이 생활쓰레기 등 폐기물의 처리에 관한 사항으로 알려지고 있다. 생활폐기물의 경우에는 '91년도 까지 매년 7 - 10%의 증가율을 보이다가 '92년도 부터는 감소되는 것으로 조사되고 있으나 종전에는 운반차량의 체적등에 따라 추정에 의하여 발생량을 산출하였는데 '92년 부터는 수도권매립지등 위생매립장에서 반입시에 계근대를 이용하여 폐기물발생량을 측정하기 시작하면서 중량톤으로 전환됨에 따라 발생량 증감률의 차가 나타나는 것으로 추정된다.

아울러 '95년도 부터 시행된 종량제의 영향으로 생활 폐기물 발생량이 30% 감소되는 것으로 나타나 1인당 쓰레기 발생량이 선진국 수준에 접근하는 것으로 파악되고 있으나, 종이, 플라스틱 등 포장폐기물과 음식물 쓰레기는 계속 증가되고 있으며 특히 사업장 폐기물의 경우 년 평균 8% 이상 증가되고 있는 추세이다. 사업장 폐기물은 광재류가 39.3%로 가장높고, 건설폐기물 13.2%, 연소재 분진류가 11.2%, 오니류가 12.0%, 폐석고 6.8%이고 기타 종이, 목재, 합성수지 등이 나머지를 차지하고 있다. 폐기물의 처리, 처분 실태를 살펴보면 생활폐기물은 재활용 23.7%, 소각 4.0%, 매립 72.3%이고 사업장 폐기물은 폐기물의 종류에 따라 처리방법이 다양하나, 재활용 61.5%, 소각 6.0%, 매립 32.5%로 나타나고 있어 우리나라의 경우 아직까지는 매립의존율이 높은 편이라고 할 수 있다.

### Ⅲ. 국내 소각시설 운영실태

#### 1. 소각시설의 정의 및 분류

일반적으로 폐기물의 소각은 폐기물중의 가연성분이 공기중의 산소와 고온산화가 반응하여 안정된 산화가스와 감량화된 무기물질 등의 고형분으로 전환시키는 것으로 정의하고 있으며, 소각시설은 폐기물등을 소각시켜 중간처리하는 시설을 뜻한다.

폐기물관리법에는 소각시설을 시설의 규모에 따라 분류하고 있지는 않으나 일반적으로는 <표 1> 에서와 같이 구분하여 관리되고 있다.

<표 1> 에서 보는 바와 같이 지정폐기물외의 폐기물 소각시설에 대하여는 시간당 처리능력이 100Kg 미만의 것을 소형소각로로 구분하고 있으며 이는 대기환경보전법에서의 시간당 처리능력이 100Kg 미만의 소각시설은 배출시설 허가 대상에서 제외되는 규정과 폐기물관리법에서의 폐기물처리시설 설치승인·신고의 면제규정에 기인한 것으로 판단된다.

#### 2. 소각시설의 보급현황

80년대 이전까지의 우리나라 쓰레기처리는 저습지 등에 노천 투기식으로 버려져 왔으나 80년대 이후 매립지의 부족 및 각종 환경오염문제 발생등으로 위생매립장이 조성되기 시작하였고 87년말부터는 거의 모든 기초지방자치단체에서 위생매립지 조성을 강구하고 있으나 적정한 부지확보 곤란 등으로 추진에 애로를 겪고있어 소각시설에 관심이 커지고 있는 실정이다.

사업장으로 부터 발생하는 지정폐기물을 포함한 사업장 폐기물은 배출업소 자체에서 처리하거나 환경부로 부터 허가를 받은 폐기물처리업소에 위탁하여 처리하고 있으며 일반생활폐기물의 처리책무는 시장·군수에게 주어져 있다.

우리나라에 설치 또는 건설중인 도시쓰레기 소각시

설은 표 2에서 보는 바와 같다.

#### ○ 중·소형 소각시설 보급현황

우리나라의 중·대형 소각시설에 대한 자료는 통용되고 있으나 소형소각시설의 경우 배출시설 설치허가등을 받지 않고 사용중인 시설도 있어 정확한 자료조사가 되어있지 않은 실정이다.

소각시설은 환경관리공단, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원에서 성능검사를 득한후에 사용할 수 있도록 되어있어, 각 성능검사 기관으로 부터 집계하여 산출한 우리나라의 중·소형 소각로 보급현황은 '96년말 현재 13203 대로 나타나고 있다.

#### 3. 소각시설의 주요설비

##### 1) 도시쓰레기 소각시설

우리나라의 도시쓰레기 소각시설은 성남 소각장이 유동상식을 채택하고 나머지는 모두 스토카식 소각로이다. 생활쓰레기 소각시설의 설비는 유동상식과 스토카식의 구분없이 공통적으로 반입공급설비, 연소설비, 연소가스 냉각설비, 배출가스처리설비, 급배수처리설비, 배출수 처리설비, 여열이용설비, 통풍설비, 소각재 배출설비, 전기 및 계장 설비등으로 구성되어 있다.

우리나라 도시쓰레기 소각장의 주요처리 설비의 계통은 표 4와 같다.

##### 2) 소형 소각시설

소형 소각설비는 앞에서 제시한 일반적인 중·대형 소각설비 보다 훨씬 간편한 연소설비, 배출가스 처리설비, 통풍설비 등으로 구성되어 있으며, 일반적으로 폐기물의 반입·공급설비가 없어 보관 창고에 보관된 폐기물을 인력으로 투입·소각한다. 연소공기의 공급량은 수동 댐퍼로 조절하고 유인송풍기가 존재하지 않아 연들의 자연통풍력으로만 연소가스를 방출하기 때문에 역화가 발생할 가능성이 높다. 주요설비는 다음과 같다.



〈표 1〉 소각로의 구분

구 분	일처리량	소각용량	운전방법	운전시간
소형소각로	1.5톤/일 이하	100Kg/hr 미만	회분식	8시간/일
중·소형소각로	1.5~5톤/일	100~600Kg/hr	회분식	8시간/일
중형소각로	5~50톤/일	0.5~3 Ton/hr	회분식회분식 또는 준·연속식	8~16시간/일
중·대형소각로	50~300톤/일	3~12 Ton/hr	연속식	24시간/일
대형소각로	300톤/일 이상	12 Ton/hr 이상	연속식	24시간/일

자료 : 한국자원재생공사 (1993), 소형소각로 보급, 확대방안 연구

〈표 2〉 국내 도시쓰레기 소각장 현황

번호	소각장명	소각로형식	용량(톤/일)	비 고
1	양천 I	스토카	150×1	폐쇄
2	대구성서 I	스토카	200×1	가동중(일시중지)
3	성남 I	유동상	50×2	가동중(일시중지)
4	안양평촌	스토카	200×1	가동중
5	고양일산	스토카	300×1	가동중(일시중지)
6	양천 II	스토카	200×2	가동중
7	노원	스토카	400×2	가동중
8	경남창원 I	스토카	200×1	가동중
9	부산다대포	스토카	200×1	가동중
10	부천중동	스토카	200×1	가동중(일시중지)
11	부산해운대	스토카	200×2	가동중
12	성남 II	스토카	300×2	건설중
13	강남	스토카	300×3	건설중
14	대구성서 II	스토카	300×2	건설중
15	대전 I	스토카	200×1	건설중
16	경기용인	스토카	100×1	건설중
17	수원영통	스토카	300×2	건설중
18	경기광명	스토카	150×2	건설중
19	경기과천	스토카	80×1	건설중
20	광주상무대	스토카	200×2	건설중
21	부산명지	스토카	200×2	건설중
22	경남웅산	스토카	200×2	건설중
23	경남창원 II	스토카	200×2	건설중
24	부천대장동	스토카	300×1	착공준비
25	군포산본	스토카	200×1	착공준비
26	경기안산	스토카	200×1	착공준비
27	경기용인	유동상	35×2	착공준비

○ 연소설비

일반적으로 연소실이 하나인 것이 많은 편이고, 2개의 연소실을 갖고 있는 경우는 1차 연소실에서 폐기물의 연소가 이루어지고 발생하는 대부분의 열분해가스가 분해되도록 설계되어 있으며, 2차 연소실에서는 1차 연소실에서 분해하지 못한 미연분 가스 등을 연소시킬 수 있도록 되어 있다. '96년 이후에는 노내의 적정온도 유지를 위하여 연소보조장치로 버너를 설치하도록 하고 있다.

○ 배출가스처리설비

일반적으로 소형 소각시설에 택하고 있는 배출가스설비는 분진제거 설비인 원심력집진장치 (싸이크론) 만이 설치되어 있는 실정이다.

○ 통풍설비

소각로내로 공기를 압입하여 공기 공급량을 조절하기 위한 설비로 대부분 댐퍼의 조정이 부정확하고 수동작동하므로 적절한 공기의 주입이 원활히 이루어지고 있지 못한 실정이다.

활폐기물 소각시설의 경우 배출가스의 다이옥신 농도를 매년 2회이상 측정하도록 의무화 하였다.

현재 운영중인 소각시설의 경우에도 시설이 노후되어 시설보완에 비용이 과다 소요되는 경우에는 폐쇄 후 새로운 시설로 대체토록 하고, 배출되는 다이옥신 농도에 따라 일시 가동 중단후 시설을 긴급 보수하여 일정 수준이하로 낮추어 재가동 하거나 시설을 가동하면서 시설보완 등을 통하여 설정된 기준을 달성토록 하는 등의 소각장에서의 다이옥신 저감대책을 발표한 바도 있다.

도시쓰레기 소각시설에서 다이옥신류 이외에도 악취로 인한 민원이 가끔씩 발생되기도 하였지만 최근에는 전문 운영관리 체계가 확립되어 가고 있어 악취 등 기타 대기오염물질의 배출기준 초과로 인한 문제는 별로 없는 것으로 알려지고 있다.

그러나 소각시설은 복잡한 기계구조의 Plant로서 고도의 운전기술이 필요함으로 주민친화형의 소각시설을 설치하고 앞으로 확대일로에 있는 도시쓰레기 소각시설의 적정 운영관리를 위하여는 전문기관의 육성방안이 시급히 요구되고 있다.

4. 소각시설 운영상의 문제점

1) 도시쓰레기 소각시설

최근 일부 소각장에서 다이옥신의 배출이 선진국의 기준을 초과하였다 하여 가동이 중단되는 등의 문제가 발생됨에 따라 환경부에서는 1일 50톤 이상의 생

2) 소형소각시설

우리나라의 중대형 생활폐기물 소각시설과 지정폐기물 소각시설은 엄격한 규제 등으로 인하여 일반적으로 안전하게 처리되고 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나 소형 소각시설은 '94년도 부터 본격적으로 확대 보급되기 시작하여 '96년말 현재 13,000여대가 설치 운영되고 있으나 전문운영관리체계 미흡 등으로

<표 3> 성능검사 기관의 자료에 따른 중·소형 소각시설의 보급현황

년 도	계	환경관리공단		생산기술연구원		기계연구원	
		지 정	일 반	지 정	일 반	지 정	일 반
계	13,203	30	12,528	167	-	478	-
'94이전	320	-	-	-	-	320	-
'94년도	1,576	20	1,382	99	-	75	-
'95년도	5,434	1	5,340	50	-	43	-
'96년도	5,873	9	5,806	18	-	40	-

특집-1

<표4> 국내 소각장의 방지시설 현황

소각장명	방 지 시 설
서울목동	<p>소각로 → 폐열보일러 → 흡수탑 (NaOH) → 반건식세정탑 (NaOH) → 백필터 → 가스가열기</p> <p>→ 선택적환원촉매장치 → 연돌</p>
안양평촌	<p>소각로 → 폐열보일러 → 반건식세정탑 (소석회) → 여과집진기</p>
고양일산	<p>소각로 → 폐열보일러 → 전기집진기 → 선택적촉매 환원장치 (NaOH) → 습식세정탑 → 연돌</p>
의정부	<p>소각로 → 가스냉각탑 (물) → 소석회(덕트내살포) → 전기집진기 → 연돌</p>
부천중동	<p>소각로 → 폐열보일러 → 건식반응기 (소석회) → 전기집진기 → 세정탑 → 백연방지 시설 → 연돌</p>
대구성서	<p>소각로 → 폐열보일러 → 전기집진기 → 세정탑 (2단) → 백연방지시설 → 연돌</p>
창원	<p>소각로 → 폐열보일러 → 반건식세정탑 (소석회) → 백필터 → 연돌</p> <p>선택적비촉매 환원장치</p>
부산다대	<p>소각로 → 폐열보일러 → 전기집진기 → 습식세정탑 (NaOH) → 연돌</p>
성남	<p>소각로(유동상) → 가스냉각탑 (물) → 건식반응기 (소석회) → 여과집진기 → 연돌</p>
서울상계	<p>소각로 → 폐열보일러 → 전기집진기 → 습식세정탑(2단) (NaOH) → 가스가열기</p> <p>→ 선택적촉매장치(고온촉매) → 연돌</p>
부산해운대	<p>소각로 → 폐열보일러 → 전기집진기 → 습식세정탑 (NaOH) → 가스가열기 → 선택적촉매장치 → 연돌</p>

여러가지 문제가 도출되고 있어 앞으로 보다 엄격한 성능검사 및 배출가스에 대한 지도·점검이 강화될 것으로 보인다.

이의 주요 내용으로는 1일 50톤 이상 중·대형 도시쓰레기 소각시설 설치지역에서의 소형소각시설 설치를 제한하고 도시지역과 연안지역 등 불가피한 경우를 제외한 인구밀집 도시지역에서는 도시쓰레기 처리를 위한 소형소각시설의 설치를 지양토록 하고, 모든 소각시설에 대하여도 3년마다 성능검사를 실시토록 하여 검사결과 부적합한 경우에는 폐쇄조치 등을 취할 것으로 알려지고 있다.

소형소각시설의 문제점으로는 비전문가의 운영 및 대상폐기물의 변화 등으로 인한 대기오염물질 배출 부적정 사례가 많은 것으로 나타나고 있다.

소각설비상의 문제점으로서

첫째, 쓰레기의 교반 혼합설비의 부재로 인한 연소상태 불량을 들 수 있다. 쓰레기의 질을 균일하게 관리하는 것은 연소상태를 양호하게 유지할 수 있는 가장 필요한 전제조건이다. 소형소각 설비는 외부적인 조건의 작은 변화에도 연소상태가 민감하게 변화될 수 있고, 쓰레기질의 변화는 연소조건에 미치는 영향이 상대적으로 높은 편이나, 가격 경쟁력을 높이기 위해 설비의 최소화가 보편화되어 있는 실정이다.

둘째, 연소가스 냉각설비를 설치하지 않은 시설이 많아 다이옥신류 등의 유해가스가 후단 설비에서 재합성되기 용이하며 소각용량이 적어 열회수 활용 등의 조치가 곤란하다.

냉각설비가 없는 상태에서 원심력 집진장치와 연결되어 있어 분진제거 효율이 떨어지고 고온의 배기가스로 인한 방지시설의 수명도 단축될 것으로 판단된다.

셋째, 연소실내의 가스체류시간이 비교적 충분하지 않아 불안전연소의 가능성이 높은 것으로 나타나고 있으며,

넷째, 대부분의 공기주입 방식이 유체의 흐름에 근거하여 체계적으로 이루어지지 못하고 형식적인 수준에

불과하여 불안전 연소의 요인으로 작용하고 있다. 조사결과에 의하면 상당수의 소형소각시설에서 CO와 O2의 농도가 함께 높게 나타나고 있어 연소공기와 폐기물간의 접촉이 원활하지 못한 것으로 판단된다.

다섯째, 유인송풍기는 소각로의 배출가스를 굴뚝을 통해 대기로 원활하게 방출시키고 집진설비를 통과하면서 발생된 압력손실을 보정하여 소각로내의 압력을 일정하게 유지하기 위하여 설치하는 주요시설이다.

소형소각시설의 경우에 집진설비 등을 거치면서 약 60mmH2O 정도의 압력손실이 있을 것으로 판단되고 있으나 유인송풍 설비가 없어 소각로의 적정 압력인 -3 ~ -10 mmH2O를 유지하기가 곤란하므로써 역화 발생의 요인이 되고 있다. 또한 소각로의 시동 및 정지시에 소각로내의 온도를 조절하고 발열량이 낮은 저질폐기물의 자체연소가 어려울때의 노내온도 유지를 위한 연소보조장치 위치등이 부적절한 경우도 있는 것으로 나타나고 있다.

#### IV. 소각설비 선정에 대한 제언

정부에서는 좁은국토 면적을 고려하여 폐기물의 소각정책을 병행토록 하고 2001년까지 1조4천억원을 투자하여 43개 소각시설을 건설, 소각처리율을 20%까지 올릴 계획으로 있다.

그러나 최근 문제가된 다이옥신에 대하여는 강력한 대책을 마련하여 추진키로 하고 소각시설의 다이옥신 배출허용기준을 신설로에 대하여는 0.1ng/m<sup>3</sup>으로 기존로는 단계별 권고기준과 규제기준을 0.5ng/m<sup>3</sup>, 2005년 7월이후 0.1ng/m<sup>3</sup> 등으로 설정하였다. 또한 연소실 출구온도를 800℃ 이상에서 850℃ 이상으로, 소각잔재물의 강열감량을 15% 이하에서 10% 이하로 관리토록 하는 등의 시설의 설치·관리 기준도 강화하였다.

소각시설에서 다이옥신이 생성되는 가장 중요한 이유는 불안전 연소로 인해 다이옥신과 유사한 물질들

이 먼저 생성되고 이물질들이 후단의 대기오염방지 설비를 통과하면서 다이옥신으로 변하기 때문이다. 따라서 폐기물 소각시의 다이옥신의 배출량을 줄이기 위한 기술적인 방안으로는 가능한한 완전연소를 이룰 수 있도록 하는 것이 우선적으로 중요하다.

완전연소를 위해서는 분리수거에 의한 다이옥신 전구체 물질의 최소화 및 쓰레기의 균질화에 의한 연소상태의 안정화를 기하는 것이 필요하다.

또한 보일러, 연소가스 냉각설비 등에서의 다이옥신류의 생성을 가져올 수 있으므로 가능한한 급속냉각을 취하는 것도 필요하다.

배출가스처리공정에서는 집진장치의 저온화, 연소가스의 급냉화를 위한 설비채택, 가스온도의 300°C 범위를 피하기 위한 대책으로서 Bag Filter와 소석회 및 활성탄 투입설비, Bag Filter 후단에 산화촉매탑, Bag Filter 자체에 탈초촉매의 기능을 갖도록 하는 방법 등이 있으며 제진시설, 벤츨리집진기, 흡수탑, 습식 EP로 구성된 처리 System을 적용하여 산성가스제거, 제진 및 다이옥신을 처리하는 방법, 기타 오존과 과산화수소에 의한 산화, 황화수소 등에 의한 Fly Ash의 촉매활성을 억제하여 다이옥신을 제어하는 System 등이 있다.

다이옥신의 생성 및 배출을 최소화하기 위해서는 대기오염방지시설의 적정운전과 더불어 더욱 적극적인 방법으로서는 다이옥신을 따로 제거할 수 있는 제거설비를 추가로 설치할 수도 있겠다.

다이옥신 저감을 위한 대기오염방지시설로서 선진국에서 권장되고 있는 시설을 보면 USEPA에서는 225톤/일 이상의 대형 유해가스처리설비를 기준으로 SD/FF (Lime Spray Dryer Absorber/Fabric Filter Baghouse) 와 CI (Carbon Injection) 을 조합한 방지시설을 채택토록 권장하고 있으며, 독일의 기술로서는 EP + 2단계 세정 또는 반건식세정 + EP 후에 고정상코크스 필터 (앞의 경우 Bag Filter 변경 가능) 를 채택하는 방안,

SNCR (암모니아수) + 분무설비 + EP + 75° 켄칭 + 2단계 세정 + Bag Filter (석회, 활성탄)를 채택하는 방안과 EP + 2단계 세정 + 미세먼지제거설비 +

산화촉매 DENOX 조합시설과 EP + 켄칭 + 2단계세정 + SCR 촉매 (암모니아수) 활성탄, 코크스입자 Bag Filter를 조합한 SCR 촉매 및 산화설비를 채택하는 방안을 권장하고 있다.

일본의 기술로서는 히다찌조선의 켄칭 소석회 Bag Filter + SCR System과 EBARA 제작소의 SDR (반건식 : 소석회 슬러리) + Bag Filter System과 KAWASAKI의 DR(건식) + Bag Filter를 조합한 설비의 채택을 권장하고 있다.

이밖에 소각과 다이옥신류의 대체 기술로서 현재 폐기물의 용융 및 플라즈마소각 기술이 국내에 제시되고 있다. 따라서 환경부에서는 열분해 용융시설 등 신기술의 국내 적용을 위한 기술적, 경제적 타당성을 검증하기 위하여 소각신기술 평가제도를 도입하여 신기술에 대한 평가결과 국내 적용이 가능한 경우 다소 비용이 들더라도 환경친화성을 고려하여 도입을 적극 검토하기로 하고 관련제도를 정비중인 것으로 알려지고 있다.

또한 운영중인 대형 도시쓰레기 소각시설에 대하여도 1차 보완하거나 앞으로 연차적으로 보완할 계획으로 있어 머지않아 소각장에서의 다이옥신 문제는 크게 개선될 것으로 전망된다.

아울러 소각설비를 선정할 경우에는 Dioxin 이외에도 악취, 유해가스류의 환경규제치를 충분히 충족시킬 수 있는 소각기술인지, 그동안의 운전실적을 검토하여 운전의 안정성 및 성능의 신뢰성이 확보되어 있는지, 그리고 시설의 건설비 및 유지관리비 등의 경제성에 대한 세심한 비교검토가 필요하다 하겠다. 우리의 소각기술이 선진국에 비해 아직 미흡한 것은 사실이나 이해당사자들의 적극적이고 꾸준한 노력과 참여만이 환경기술의 발전과 녹색환경의 나라 건설을 앞당길 수 있을 것이다.