



쓰레기 소각장의 환기설비 설계 사례

심재곤

미도설비기술사 사무소(mido94@korea.com)

최근, 산업의 발달로 인하여 생활수준이 향상되어 대량생산과 대량소비현상이 발생하고 도시의 밀집도가 높아 단위 면적 당 거주하는 인구가 증가되면서 거주지역에서 발생하는 부산물이 현저히 증가되어 환경측면에서 복합적인 환경문제에 직면해 있다. 최근까지 대책마련에 고심하고 있는 도시에서 발생된 다량의 쓰레기 처리문제는 경제적인 측면에서 몇 년 전까지는 대부분을 매립에 의존해 왔으나, 매립 방식에 의존하였으나 지가 및 공사설비의 상승, 일부 비위생적으로 조성된 매립장에서 배출되는 침출수 및 악취 등의 환경오염이 심각한 사회문제로 대두되면서 매립장의 확보나 증설은 해당 지역주민의 반발로 지방자치단체의 골치 아픈 과제로 등장하였다. 이러한 문제점을 보완하기 위해, 최근에는 매립지 확보의 어려움과 환경보존을 위하여 쓰레기를 정적이고 위생적으로 처리하기 위하여, 소각시설이 표 1과 같이 증가하고 있으나 소각 때 발생하는 다이옥신 등 인체에 치명적인 오염을 유발시키기 때문에 소각로 건설에 대한 환경운동단체와 주민들의 반발이 거세게 제기되고 있는 현실이다. 이러한 영향에 의해 앞으로는 소각보다는 쓰레기 자체를 감량·재사용·재활용하는 처리방식이 표 1과 같이 증가되는 현실이다.

쓰레기를 소각하는 것은 제 2오염을 유발시키고, 소각장 건설비용과 유지관리에 많은 예산이 소요된

다. 쓰레기소각장을 건설할 때, 인근주민이나 환경단체로부터 반대의견에 직면하게 되는데, 그 사유는 쓰레기 처리과정의 전 단계인 반입·공급 과정에서 악취발생과, 후 단계인 소각 설비에서 발생하는 배출가스 오염원을 완전히 제거하라는 것이다. 최근에는 소각장의 설계·시공과정에서 최대한 악취발생과 확산을 억제하는 시설에 투자를 하고 있으며, 또한 주민 편의 시설과 부대 복리 후생시설은 소각시설 주변지역 주민들의 소각시설에 대한 부정적 이미지를 불식시키며, 외부 방문객이나 운영 관리 요원들에게 쾌적한 환경조성과 업무효율 및 근무환경의 개선에 일익을 담당하고 있다.

본고는 환경 친화적인 쓰레기 소각장을 설계하는 측면에서 1998년도에 턴키방식으로 발주되었고 2001년 12월에 준공하여 운전하고 있는 경기도 구리시 자원회수시설의 환기설비에 적용된 설계 및 시공개념을 소개하고자 한다.

<표 1> 전국 연차별 폐기물처리실태 추이 (%)

| | 매립 | 소각 | 재활용 |
|-------|------|-----|------|
| 1992년 | 89.2 | 1.5 | 7.9 |
| 1993년 | 86.2 | 2.4 | 11.4 |
| 1994년 | 81.1 | 3.5 | 15.4 |
| 1995년 | 72.3 | 4.0 | 23.7 |
| 1996년 | 68.3 | 5.5 | 26.2 |
| 1997년 | 63.9 | 7.1 | 29.0 |
| 1998년 | 56.2 | 8.9 | 34.9 |
| 2001년 | 45 | 20 | 35 |



사업개요

- 사업명 : 구리시 자원 회수 시설 건설 사업
- 위치 : 경기도 리시 토평동 9 - 1번지 일원
- 사업규모 : 건축 연면적 - 11,768 m² (3,560평)
층 수 - 지하 1층, 지상 6층
소각용량 - 200톤/일 (100톤 × 2기, 추후증설가능 100톤)
- 사업기간 : 1998년 9월 ~ 2001년 12월 (39개월)
- 설계, 시공자 : 삼성중공업(주), 현대산업개발(주), 동원건설(주)
- 리자 : (주) 경호 기술단
- 소각방식 : 스토가식(stoker), 폐열보일러 : 28톤/h
- 총사업비 : 612억원

〈표 2〉 전망대 설치개요

| | |
|----------|---|
| 연돌높이 | 100 m |
| 전망대 설치지점 | 80 ~ 90 m 지점 (1층 320 m ² /관망시설, 2층 349 m ² /레스토랑) |

〈표 3〉 공해방지시설 개요

| 유해물질제거 장치 | 기능 |
|----------------|--|
| 반건식 알카리 흡수탑 | 연소가스 속에 소석회 수용액을 분사하여 염화수소와 황산화물을 99% 이상 제거할 수 있는 최첨단 시설로 산성유해가스를 완벽하게 제거한다 |
| 백필터 | 여과포(filter cloth)로 미세 먼지, 유해 가스 포집 |
| SCR (촉매 탈질 설비) | 연소 배기가스 중에 암모니아를 분사시켜 질소 산화물과 암모니아가 혼합된 배기가스를 촉매에 접촉하게 하여 질소 산화물을 무해한 질소화물로 분해 제거한다. |

〈표 4〉 악취의 성분과 취기의 성질

| 명칭 | 화학식 | 취기의 성질 |
|---------|--|------------|
| 메틸메르캅탄 | CH ₃ SH | 쉬운 양파 냄새 |
| 에틸메르캅탄 | C ₂ H ₅ SH | |
| 디메틸설파이드 | (CH ₃) ₂ S | 쉬운 양배추 냄새 |
| 이황화메틸 | (CH ₃) ₂ S ₂ | 마늘 냄새 |
| 황화수소 | H ₂ S | 쉬운 계란 냄새 |
| N - 락산 | N - C ₂ H ₄ COOH | 부패한 버터 냄새 |
| 암모니아 | NH ₃ | 자극성 냄새 |
| 트리메틸아민 | (CH ₃) ₃ N | 쉬운 물고기 냄새 |
| 아세트알데히드 | CH ₃ CHO | 자극성의 과일 냄새 |
| 스티렌 | C ₆ H ₅ CH = CH ₂ | 자극성 냄새 |

구리시 자원회수시설의 특징

- 시민에게는 소각장이 환경 친화적 필요 시설임을 홍보하기 위해 연돌(굴뚝)을 이용한 회전식 전망타워를 표 2와 같이 국내 최초로 적용.
- 공해 방지시설 신기술 적용
- 공조용 에너지 절약운전 기법
 - 중간기(봄, 가을)에는 대형 공조기 팬을 가동하지 않고 별도 외기 급기용 팬과 덕트를 활용하여 전외기 운전을 수행하여 전기 동력을 절감하였다.
- 건설 과정에서 인근 남양주시와 공동으로 건설·운영하기 위해 광역화 협약을 체결하는 모범사례를 남겼다.
- 구리시의 적극적인 홍보·교육으로 쓰레기 분리 수거상태가 양호하여 반입·저장시 침출수가 거의 없고 악취발생이 적으며 완전연소가 가능하여 대기 오염물질 발생이 적다.

악취발생

쓰레기 소각장에서 주로 발생하는 공해로서는 대기, 오·폐수, 소음, 진동, 악취의 다섯가지를 들 수 있다. 그밖에 최근에는 쓰레기를 처리하므로 인해 발생하는 유해물질로서 수은이나 다이옥신이 사회문제화 되고 있다. 쓰레기 소각장에서 발생하는 악취(냄새)는 민원이 많이 발생하는 사항이며 악취의 발생원은 연기, 소각재, 쓰레기 및 오수로 분류할 수 있다. 또한 냄새는 단일물질에 의한 것이 아니고, 여러 가지 냄새가 복합된 것으로 그 중의 중요한 단일성분으로서의 악취유발 물질은 표 4와 같으며 악취방지대책은 표 5와 같다.

악취의 탈취법은 연소법, 산화법, 흡착법, 폐액처리법, 마스크법, 중화제법 등이 있으며 제거 대상물질에 적합한 탈취법을 적용해야 한다. 본고에서는 탈취법의 세부사항은 생략한다.



그림 1은 구리시 자원회수 시설에 설치된 활성탄, 흡착탑 탈취 설비의 개념도를 나타내고 있다.

<표 5> 악취의 발생원인 및 방지대책

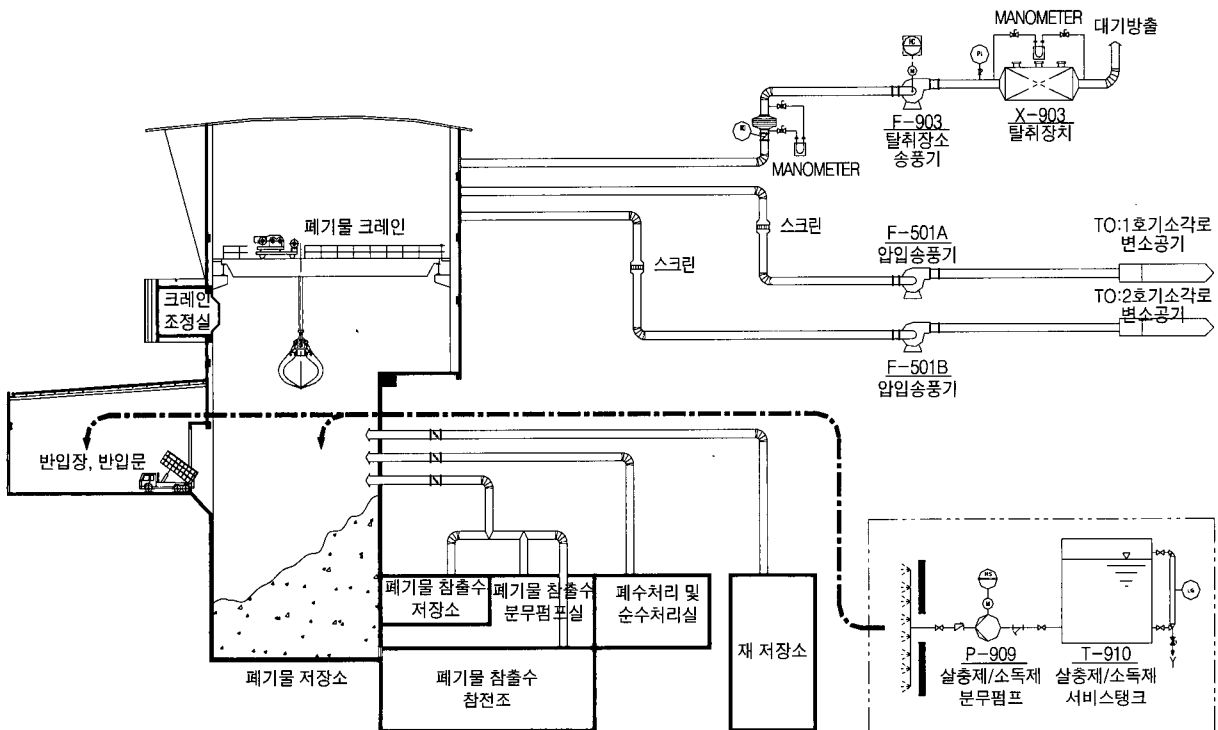
| 발생원 | 방지대책 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 쓰레기 반입장 쓰레기 병커 소각재 병커 오·배수 저장조 및처리 설비 쓰레기 파쇄실 | <ul style="list-style-type: none"> 소각동은 개구부를 적게 하고 가급적 밀폐하여 악취가 외부로 새어나가는 것을 막는다. 소각로실의 환기급기용 창 또는 루바는 쓰레기 반입장 및 병커와는 가능한 멀리 이격시켜 설치한다. 쓰레기 병커를 부압(-)으로 유지하여 냄새가 새지 않도록 한다. 병커내의 공기를 소각로로 보내어 연소용 공기로 사용, 고온으로 열 분해하여 냄새를 제거. 쓰레기 반입장 출입구에는 에어커튼을 설치냄새 확산을 막는다. 쓰레기 병커와 반입장의 사이에 병커 게이트를 설치, 쓰레기 투입시 이외에는 닫아둔다. 쓰레기의 전처리 계통기에 대한 냄새 대책 <ul style="list-style-type: none"> 각 기기를 밀폐구조로 한다. 각 기기를 전용실에 수용하고 배관이나 덕트가 벽관통 부위는 시일로 코킹한다. 실내를 대부분 부압(-)으로 한다. 실의 출입구에 전실을 설치 한다. 탈취제 분무를 한다. 소각로 정지중의 대책으로는 쓰레기 병커의 악취 공기를 흡입하여 활성탄 흡착탑에 의한 탈취 처리한다. |

공기조화 및 환기설비

소각동 및 관리동와 같이 유지관리를 위한 사람이 공기조화의 대상이므로 표 6의 자료를 이용하여 공기조화 설비를 적용하고 소각로실, 쓰레기 병커 및 침출수등 오염원이 있는 실이나, 발열부하로 인하여 실온상승을 방지하기 위해서는 최적의 환기 방법과 환기량을 선택하여 환기한다. 공조를 하는 실은 용도별 사용 시간대별로 zoning)을 하였으며, 실내는 항상 양압(+)으로 유지하여 오염

<표 6> 실내 온습도 조건

| 실명 | 구분 | 동 절 기 | | 하 절 기 | |
|------------|----|-----------|----------|-----------|----------|
| | | 온도(DB) | 습도(RH) | 온도(DB) | 습도(RH) |
| 사무실 | | 18 - 20 ℃ | 40 ± 5 % | 26 - 28 ℃ | 50 ± 5 % |
| 중앙제어실, 조정실 | | 18 - 20 ℃ | 40 ± 5 % | 26 - 28 ℃ | 50 ± 5 % |
| 식 당 | | 18 ℃ | 40 ± 5 % | 26 ℃ | 60 ± 5 % |
| 실험실 | | 18 - 20 ℃ | 40 ± 5 % | 26 - 28 ℃ | 50 ± 5 % |
| 화장실 | | 16 ℃ | - | - | - |
| 소각로실 | | - | - | 외기온도+10℃ | - |



[그림 1] 탈취설비계통도



공기의 유입을 차단하기 위해, 환기 대상실별로 표 7에서 표현된 환기방식을 적용하였으며 실별 요구되는 환기풍량은 표 8을 적용하였다. 일반 환기를 필요로 하는 실은 실별 차압을 설정하여, 오염공기 확산이나 이동을 차단하였다. 오염실과 비오염실을 관통하는 배관, 덕트, 전선 등의 주위에서 틈새가 존재하지 않도록 코킹처리하여 기밀 시공이 되도록 하였다.

소각장의 공조설비 특징

- 연속운전을 수행하며 외부의 악취가 침입하지 않도록 실내를 정압(+)유지
- 냄새 침입 방지 및 희석용으로 다량의 외기를 도입하므로 폐열을 회수하기 위한 전열교환기의 적용
- 중앙 감시실이나 크레인 조정실 등은 제어장비에 의한 전기 발열 냉방부하가 매우 크며 일반적으로 공조기와 2차 back up용 팩케이지 에어콘을 추가 설치
- 소각동 내부 쪽은 소각설비, 여열 이용 설비, 냉각설비, 공해 방지시설 등이 배치되며, 사무실, 실험실, 중앙제어실 등 사람이 상주하는 실은 건물 외주부에 면하게 되어 외피부하, 일사부하의 영향을 크게 받는 공조부하 패턴이 형성된다.

<표 7> 소각장 각실의 용도별 환기종류

| 환기종류 | 환기의 예 | 적용실의 예 |
|-------------------------------|-------|----------------------------|
| 제1종 환기방식 급기-송풍기 배기-송풍기 | | 쓰레기 침출수조 침출수펌프실, 소각로실 |
| 제2종 환기방식 급기-송풍기 배기-자연통풍 | | 중간기 사무실 계통 청정실과 오염실의 전실 |
| 제3종 환기방식 급기-송풍기 배기-자연통풍 | | 화장실, 욕조, 세탁실 |

- 크레인 조정실, 전자기기실, 중앙감시실등 전기 장비 발열부하가 매우 크므로 환기에 의한 냉각이 가능토록 하여야 하며, 에어컨 설치로 실온을 적정하게 유지한다. access floor를 이용하여 공조기류는 하향배기(down flow type)형을 선정하였다.

환기설비

최적의 환기 설비를 계획하려면 우선 환기에 관한 실의 사용목적 및 사용조건에 대응하는 필요 환기량과 환기시스템등 환기에 관련한 여러가지 조건의 검토가 이루어져야 한다.

환기계획시 고려할 사항

- 오염공기는 주위공기보다 온도가 높으므로 부력을 이용한 환기법을 적용한다.
- 악취가 발생하는 방의 환기는 그 취기를 외기로 방출하지 않고, 쓰레기 병커로 방출토록 하며 취기를 소각로의 연소용 공기로 활용하는 개념을 적용한다.
- 부식성 가스나 수증기를 다량으로 발생할 가능성이 있는 장소는 내식성이 뛰어나며, 기밀성이 있는 덕트를 적용한다.
- 오염원이 한정되어 있는 경우는 국부환기방식을 적용한다.
- 쓰레기 반입장에는 취기 확산방지용 에어커튼

<표 8> 환기 회수 및 풍량

| 실 명 | 환기 량 | 실 명 | 환기 량 |
|----------|--------------|---------|----------|
| 소각로실 | 외기온도 + 10 °C | 화 장 실 | 10~15회/h |
| 쓰레기병커 | 3~5회/h | 세 탁 실 | 20회/h |
| 재 병커 | 6회/h | 욕실, 샤워실 | 10회/h |
| 오·배수 펌프실 | 15회/h | 탕 비 실 | 15~20회/h |
| 쓰레기 침출수조 | 15회/h | 주 방 | 25~40회/h |
| 지하층 펌프실 | 10회/h | 폐수처리실 | 20회/h |
| 기 계 실 | 10~15회/h | | |
| 전기 관제실 | 10~15회/h | | |



- 설비를 적용한다.
- 환기용 기류는 정체 (dead space)되지 않도록 최적의 급·배기구 위치 선정해야 한다.
 - 소각로 정지 중에 반입되는 쓰레기에서 발생하는 악취를 제거하기 위한 시스템을 적용한다.
 - 소각로실의 환기용 창문이나 루바는 개폐 가능토록 설치한다.

기존 소각장의 환기설비 문제점 및 개선 방안

- 쓰레기의 소각처리 과정에서 발생된 2차 오염물질(다이옥신, 황산화물, 질소산화물등)의 농도가 최대한 낮게 배출토록 시스템 구성해야 한다.
- 소각로실의 상층부에서 발생하는 열성층화 현상. 지붕의 동력배기 팬을 충분히 설치하고, 자연

환기 방식에 의한 실내 발생열이 제거 가능하도록 외벽하부에 개폐 가능한 급기루바 또는 창문을 설치하며 고층부에서도 개폐가 가능한 창이나 솟은 지붕을 설치하는 방법을 건축설계자와 충분히 검토한다.

- 소각로실의 환기용 루바에 의한 소음 및 동파 문제. 소각로실 열을 제거하기 위한 급기루바를 상시 개방, 고정 타입 루바 설치로 실내 소음이 외부로 전달되며, 동절기 외기가 인입되므로 수배관 계통에 동파가 발생한다. 외기인입용 창이나 루바는 필요시 개폐가능한 구조를 설치한다.
- 청정공간과 오염공간 사이의 전실 설치. 전실에 항상 정압(+)이 되도록 공조 및 외기 급기를 공급하여 악취의 침입을 방지한다. ㉔