

# 도시폐기물 소각로 건설에 있어서 기술적 문제점과 해결방안



남상천 이사  
현대산업개발주식회사  
플랜트 사업 팀

## 1. 서 론

경제의 지속적 성장과 더불어 도시민의 생활수준 향상에 따른 일반 폐기물의 양적 증가와 질적 다양화는 그 처리문제에 대한 어려움을 야기시키고 매립지 확보의 한계성과 혐오시설에 대한 기피 등으로 인하여 효과적인 일반폐기물의 처리문제는 가장 시급히 해결해야 할 현안으로 대두되고 있다.

소각설비는 소각재중의 유기물과 잔류탄소가 최소가 되고 연소가스 중에는 휘발성 물질이 최소가 되도록 하며 배기가스 중에는 입자상 성분과 유해성 오염기체가 최소가 되도록 하여 모든 법적 규정에 적합하도록 설계 되어야 한다.

더욱이 NIMBY현상으로 날로 어려워져 가는 매립지 확보문제 및 매립지에서 유출되는 침출수에 함유된 각종의 유해물질에 의한 지하수 및 주위토양의 오염문제는 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 국가적 차원에서 쓰레기의 감량화의 방법으로 소각장설치가 계속 추진되고 있으나 소각시 발생하는 소각재(단위 쓰레기 중량당 약 20% 발생), 또한 현재 최종매립 처리되고 있는 실정이다. 특히, 비산재에 다량흡착, 증축되어 있는 다이옥신 및 중금속은 단순히 매립할 경우 용출되어 지하수 오염 및 토양오염등의 2차 오염으로 인해 환경파괴 및 인체로 유입, 축적되어 국민건강에 치명적인 영향을 주게 된다.

당사는 현대중공업과 서울시 노원구에 위치하는 상계자원회수시설을 1993. 6 ~ 1997. 1 기간에 공사하여 성공적으로 공사완료한 바 있다. 당사가 시공한 상계자원회수시설은 스토카방식의 생활쓰레기 소각시설이며, 소각용량은 800톤/일(400톤/일 x 2기)이다. 또한, 사회적 문제가 되어온 다이옥신 제거 효율을 현재 환경부가 설정해 놓은 배출허용기준치 0.1ng/Nm<sup>3</sup>보다 훨씬 밀도는 0.01 및 0.05ng/Nm<sup>3</sup>을 보여 명실공히 환경친화적 소각시설을 갖추었다.

본 자료는 당사에서 공사를 4년에 걸쳐 수행함에 있어 설계 및 시공상 문제가 되었던 사항중 개선되어야 할 주요 사항들이 현재 시공중 이거나 추진 계획 중인 자원회수시설에 참고가 되어 효율적인 자원회수시설공사에 참조가 되었으면 한다.

## 2. 본 론

### 1. 설계적 측면에서 개선, 보완사항

#### 1) 건축 구조적 측면

국내 가동중이거나 건설중인 대부분의 자원회수시설은 건설부지의 효율적 이용 및 공사비 절감 측면에서 쓰레기피트(REFUSE PIT)와 재피트(ASH PIT)의 구조가 일체형(옹벽을 중심으로 쓰레기피트

(REFUSE PIT)와 재피트(ASH PIT)가 구분됨)으로 설계되어지고 있어 쓰레기 분리수거가 제대로 이행되지 않고 있는 우리 현실에서는 쓰레기 소각후 소각잔사(BOTTOM ASH)반출시 소각잔사에 포함된 이물질(캔, 고철등)에 의해 막힘 현상이 빈번히 발생으로 인하여 보일러의 가동 중지 및 설비고장 경우가 또한 빈번히 발생한다.

소각잔사의 막힘현상은 쓰레기병커(쓰레기피트 및 재피트)의 일체형 구조에 원인이 있다. 이유는 쓰레기병커의 일체형 구조에서는 소각후 소각잔사(BOTTOM ASH)를 처리하는 재추출기(ASH EXTRACTOR)의 형식이 역송식(REVERSE TRANSFER TYPE)으로 설계되기 때문에 소각 잔사에 포함된 이물질(캔, 고철등)의 대부분이 재추출기에서 걸리고 이로 인하여 소각잔사의 막힘 현상이 발생한다.

따라서 소각잔사의 막힘현상 원인을 제거하기 위해서는 설계시 쓰레기 피트와 재피트의 위치를 보일러 설비 전후로 계획하게 되면 소각후 소각잔사의 흐름이 원활하게 되어 소각잔사에 포함된 이물질로 인한 막힘 현상을 방지할 수 있을 뿐 아니라 보일러 가동 중지 및 고장률도 최소화할 수 있다.

## 2) 설비 설계적 측면

### (1) 쓰레기 침출수 처리의 이원화 설계 필요성

가. 쓰레기에서 발생하는 침출수의 처리는 보일러 설비의 운영상 가장 중요한 문제의 하나이다. 쓰레기 침출수의 발생량은 쓰레기 발생량 대비 설 발생량이 통계적으로 제시된 정확한 수치는 아직까지는 없고 계절 및 쓰레기 반입형태, 쓰레기 내용물 등에 따라서 쓰레기 침출수 발생량의 변화가 매우 심하다.

나. 쓰레기 침출수의 처리방식은 보일러 내에 전량 분사 소각시키는 일원화 개념으로 획일적으로 설계되어 지고 있으나 실질적으로 발생하는 쓰레기 침출수량은 설계치 양보다 많이 발생 전량

분사소각 처리하기가 어려우며 전량 분사소각 처리시 소각로내의 온도저하로 인해 불완전연소의 우려가 있어 소각로내의 온도(850°C이상)를 일정하게 유지하기 위해서는 보조연료 사용량이 증가하여 운영비용이 증가하게 된다.

다. 자원회수시설에서 발생하는 폐수는 유기계폐수와 무기계폐수로서 이를 처리하기 위해서 폐수처리설비를 계획하여 폐수를 처리하고 있으나 쓰레기 침출수는 고농축 유기계폐수으로써 BOD, COD 농도가 30,000~100,000 ppm 정도로 매우 높아 폐수처리설비에서 직접적으로 처리하기가 불가능 하기 때문에 폐수처리설비 설계시 설계에 반영하지 않고 소각로내에서 전량 분사 소각시키는 방법으로 대부분 설계되어지고 있다. 따라서 쓰레기 침출수를 폐수처리장에서도 처리할 수 있는 방안을 강구하여 이원화 개념으로 설계하는 것이 바람직하다.

### (2) 자력선별기(MAGNETIC SEPARATOR) 추가 보완

가. 대부분의 음식물 쓰레기는 분리수거가 제대로 되어있지 않은 상태로 반입 소각되어 보일러 효율을 저하, 가동중지, 기기손실로 인한 수명 단축등 운영상 많은 문제점을 야기시키고 있으며 소각잔사 외부 반출시는 인력으로 재(BOTTOM ASH)와 이물질(캔, 고철등)을 분리함으로써 재(BOTTOM ASH)의 외부노출시간 증가로 작업 주변지역의 환경악화 및 악취 발생의 원인을 제공하고 있다.

나. 반출되는 소각잔재(BOTTOM ASH)를 신속히 처리하여 재처리 지역의 환경악화 및 악취 발생을 최소화하기 위해서는 소각잔사에 포함된 이물질(캔, 고철등)을 인력이 아닌 설비로서 자동 분리할 수 있는 자력선별기(MAGNETIC SEPARATOR)를 소각재 이송 컨베어 후단, 즉 쓰레기 재피트 투입전에 설치하여 소각잔재중 이물질(캔, 고철등)이 분리된 후 순수한 소각잔

재만 쓰레기피트에 투입되도록 설비 보완이 필요하다.

(3) 악취제거 대책

가. 자원회수시설 설계시 가장 중요하게 고려하여야 할 사항중 하나는 반입된 쓰레기에 의한 악취제거이다. 악취는 인근 주민의 민원의 원인이 되기 때문에 일반적으로 소각로내 전량소각 방식으로 설계되어지며 악취의 외부누출을 차단하기 위하여 쓰레기 차량 출입문에 AIR CURTAIN을 설치하여 악취의 외부 누출을 완전 차단되도록 한다.

나. 쓰레기 반입량에 따라 발생하는 침출수량은 대략 반입량의 10%~15%정도 발생되며 설계치량(쓰레기 반입량의 5%)보다 많아 설계치량을 전량 보일러내 분사소각 시켜도 설계치량 보다 많은양의 침출수가 항상 쓰레기 침전조내 남아 있기 때문에 설계치 이상으로 발생하는 침출수량을 어떤식으로든 처리하지 않을시에는 침출수로 인한 악취가 건물내로 스며들어 건물내, 외부의 악취 발생의 원인이 된다. 따라서 쓰레기 침출수 저장조 및 쓰레기 오수저수조에 대한 별도의 탈취설비나 악취제거를 위한 환기설비가 필요하다.

다. 건물내, 외부로의 악취발생 원인은 쓰레기 침출수량에도 기인하지만 소각재(BOTTOM ASH)를 처리하기 위한 재피트(ASH PIT)내에서의 악취도 반출하기 위하여 재차량이 출입하여야 하기 때문에 재(BOTTOM ASH)로 인한 악취를 완전히 포집하여 제거하기가 어려우며 재피트를 완전 밀폐 구조로 설계하기 또한 어렵다. 따라서 재차량이 출입되는 곳에 AIR CURTAIN을 설치하여 악취의 외부 누출을 차단할 수 있도록 계획하고 재피트내의 악취를 제거할 수 있도록 설치되는 환기 DUCT GRILL 주기적으로 청소 및 관리를 철저히 하여 재피트내의 먼지로 인한

DUCT의 막힘이 없도록 하여야만 재피트에서 발생하는 악취가 건물 내외부로 유출되는 것을 방지할 수 있다. DUCT GRILLE 청소시에는 소각잔사(BOTTOM ASH)포함된 다량의 유해가스 및 악취로 대책을 수립하여야 하는 것은 매우 중요한 사항이다.

2. 시공측면에서의 문제점 및 개선사항

1) 일체형 건물 구조 시공

(1) 소각동 건물구조 (반입장 → 쓰레기 피트/재피트 → 보일러설비 → 연소가스처리설비 → 굴뚝)가 일체형으로 구성되어 있어 시공시 건축구조물중 가장 난공사인 쓰레기피트/재피트 골조 공사가 완료된 후 보일러 설비 공사 착공이 가능하며 쓰레기피트/재피트 골조 공사와 보일러 설비 공사를 병행 실시하는 작업환경의 안전관리와 공정간섭등 여러가지 문제 발생에 대한 신중한 검토가 필요하다.

(2) 당사는 쓰레기 피트/재피트 골조공사와 보일러설비 공사를 동시 수행하기 위해서 동시 수행시 예상되는 문제점을 다각도로 검토하여 32TON TOWER CRANE를 설치 시공하였으며 시공시 예상되는 문제점을 사전에 파악하여 공정 진행에 차질이 없도록 TOWER CRANE 사용계획 및 집중적인 공정관리를 하여 공정간섭으로 인한 공기지연 예방 및 안전사고 없이 성공적으로 공사를 마칠 수 있었다.

2) 굴뚝 입상공사 및 내부 DUCT 공사

(1) 자원회수시설에 설치되는 굴뚝은 주변 지역의 민원으로 인하여 보통 100M~150M 높이로 시공되고 있어 공사기간이 10개월 정도 소요되고 난공사에 비해 안전관리가 어렵고 위험요소가 많아 공사기간을 최대한 단축하면서 안전사고를 예방하는 것이 가장 중요한 문제이다.

(2) 굴뚝입상공사 시공시 국내에서는 대부분 JUMP-

UP(12M/일 시공) 공법으로 시공되어 지고 있어 공사기간이 장기간 소요된다. 공사기간 단축 및 작업의 안전성을 고려하여 당사는 시멘트 사이로(CEMENT SILO ; 높이 30M~50M)공사나 교량공사의 교각공사에 적용하는 SLIP-FORM(42M/일)공법을 국내 최초로 굴뚝 입상공사에 채택하여 공기의 1/3이상 단축하면서 상계자원회수시설 굴뚝 입상(150M)공사를 수행했다.

(3) 또한 굴뚝 내부의 DUCT공사는 제작된 DUCT PARTION을 굴뚝 상부에서 WINCH로 굴뚝 상부로 끌어 올린후 굴뚝내부 하부로 넣어 DUCT를 용접하여 하부에서 상부로 설치하는 기존의 DUCT 시공 방법을 개선하여 상부에서 하부(제작된 DUCT PARTION을 굴뚝 출입구로 넣고 굴뚝 상부에 설치된 WINCH로 DUCT를 고정후 DUCT가 일정한 길이(15M~20M)가 되도록 용접후 상부로 끌어올린다. 내부DUCT가 모든 설치될 때까지 반복 작업한다.)로 설치하는 작업방법을 개발하여 굴뚝내부 DUCT의 시공성을 향상시켰으며 작업의 안전성과 공기단축 면에서도 상당한 효과를 얻었다.

### 3) 반입쓰레기에서 발생하는 침출수 처리

쓰레기 반입장에서 발생하는 침출수량은 설계치량보다 많이 발생하여 설계치량을 전량 소각로내에 분사 소각시켜도 많은양의 침출수량이 침출수 저장조내에 항상 남아 있어 공장동내 악취 발생의 원인이 될 뿐 아니라 강제 처리하기에도 많은 문제점이 있었다.

침출수의 강제 처리시 침출수 지역의 밀폐성이 OPEN되어 침출수로 인한 악취가 외부로 누출되어 여러 문제를 야기시키는 것을 방지하기 위하여 쓰레기 반입장에서 강제처리되도록 침출수 강제 처리용 배관LINE을 추가보완하여 침출수로 인한 악취문제를 상당부분 해소하였다.

### 4) 램 피더(RAM FEEDER)에서 발생하는 침출수 처리

쓰레기를 소각하기 위하여 보일러내에 투입시 램 피더(RAM FEEDER)에서 발생하는 침출수량은 일체식 건물구조에서는 재피트(ASH PIT)로의 유입은 불가피하며 정확한 침출수 발생량 산출 또한 불가능하다. 따라서 재피트(ASH PIT)로 유입되는 침출수량을 최소화시키는 것이 최선책이며 재피트로 유입되는 침출수량을 최소화시키기 위해서 램피더(RAM FEEDER)의 하부구조인 PLATE부분을 램피더(RAM FEEDER)의 운전시 조건을 감안하여 밀폐보완하였다.

## 3. 소각잔사(BOTTOM ASH 및 FLY ASH)의 고형화설비 필요성

### 1) 고형화설비의 필요성

가. 폐기물 소각시 발생하는 재를 재활용 및 매립에 따른 감량화를 위해서 신규로 추진중인 자원회수시설에 추가설치 검토 및 시행되고 있는 고형화설비는 아직까지는 설치에 있어서 해결되어야 할 여러가지 문제점이 있다.

나. 고형화된 재는 문헌상으로는 건축자재에 혼합하여 재활용할 수 있다고 기술되어 있으나 고형화된 재에는 HCl성분이 포함되어 있어 건축자재 혹은 기타 사용대상에 혼합시 접착강도는 매우 약하기 때문에 HCl을 제거하기 전에는 고형화된 재를 재활용하기 위해서는 HCl를 완전히 제거할 수 있는 별도의 설비가 필요하며 설비에 검토 및 추가비용을 고려하여야 한다.

다. 고형화된 재(FLY ASH)의 압축강도에 대한 통계적 수치가 문헌상 혹은 발주처에서 제시되고 있지 않기 때문에 시공자가 압축강도수치를 표시하여 설계하기가 어려우며 압축강도에 따라서 매립후 고형화된 재(FLY ASH)의 분해기간에 많은 차이가 있다. 고형화된 재(FLY ASH)에는 침출수, 유해가스, 다이옥신등 유해물질이 다량 포함되어 있기 때문에 매립 후 분해 되었을

때의 유해물질의 발생으로 인한 2차 오염물질에 대한 대책이 별도 수립되어야 한다.

다. 쓰레기를 소각 후 감량화 시켜 매립하거나 재활용하기 위해서 고품화설비를 신규로 추진중인 자원회수시설에 설치하는 것은 매우 좋은 방안이나 매립 후에 발생될 수 있는 2차적인 오염문제와 재활용시의 재활용 가능여부를 면밀히 검토할 필요가 있다.

## 2) 고품화 처리공법의 개요 및 소개

선진국에는 오래전부터 소각재의 재활용방안에 대하여 꾸준히 연구개발해 왔던 반면, 우리나라는 그동안 소각재의 매립오염에 대한 심각성을 크게 느끼지 못하였던 것 같으며, 따라서 처리방법에 대한 기술개발이 다소 소홀해 지고 있는 실정이다.

현재 우리나라의 대도시에는 대용량의 도시쓰레기 소각장이 다수 설치되어 가동중에 있으며, 발생하는 소각재의 처리문제가 향후 대두되는 것은 자명한 일이다.

현재 소각재 처리방법으로 고품화처리법(시멘트 기초법, 열가소성 플라스틱법, 피막형성법, 자기 시멘트 등)이 있으나, 아직 완벽하게 기술적으로 상업화가 되어 있지 못한 실정이다.

고품화처리로 인해 생산되는 경화재는 당초의 소각재물량보다 부피가 2배이상 증가할 뿐만 아니라, 유해성분의 용출에 따른 안전성 문제, 생산된 경화재의 수요처 확보문제, 재질사양기준 설정문제 등 해결해야 할 과제는 많다고 할 수 있다.

그러나 상기와 같은 기존 고품화처리법의 문제점때문에 현재, 선진국에서는 감량화의 효율이 높고 생성물의 이용성이 다양한 유리화(VITRIFICATION) 처리법에 대한 연구가 활발하며, 소규모이긴 하나 상업화도 되어있는 실정이다.

당사는 외국과 제휴하여 개발 추진중인 유리화 관련 기술에 대하여 간략히 공정을 소개하고 우리나라도 소각재의 유리화에 대한 자체연구가 필요함을 강조하고자 한다.

### 가. 개요

현재 연구개발중인 폐기물 유리화(VITRIFICATION) 공정은 폐기물을 화학적으로 내구력이 있고, 환경적으로 안전한 물질로 만드는 공정이다. 이 방법은 소각재, 도시고형쓰레기, 병원쓰레기, 오염된 토양, 산업유해폐기물, 핵폐기물 및 중금속 함유 폐기물 등에 다양하게 적용될 수 있다.

유리화처리법은 폐기물 용융처리법의 일종으로서 슬러지, 소각재, 방사성 핵폐기물, 각종의 산업폐기물 등 처리대상이 다양한 것이 장점이다.

### 나. 처리이론 및 공정설명

폐기물이 1300~1500°C 정도로 가열되면 용암과도 같이 용해된 상태로 된다. 이 용해물은 결정구조를 갖지 않는 유리질과 같은 상태인 것이다. 이 용해물이 급속히 냉각되면 고품화된다. 급냉기간이 길수록 이용해물은 고품의 GLASS-CERAMIC 조성을 갖게 된다. 목재, 종이, 유류, 플라스틱 및 기타 가연물은 대기압하의 고온에서 단순 유기가스 즉, 일산화탄소, 메탄, 에틸렌 및 프로판 등으로 열분해가스화 한다.

다음 그림1과 같이 폐기물은 MELTER로 투입되며 전기용융에 의해 열분해가스화과정을 거쳐 점차 시간이 흐름에 따라 용해유리(MOLTEN GLASS)상태로 변해간다.

또한 공기가 공기주입구를 통하여 용해된 유리층 가까이 주입되며, 공기중의 산소성분은 소각재의 탄소성분과 결합하여 이산화탄소를 생성하는 발열반응을 하며 용해 유리물을 생성한다. 이 반응은 산소가 고갈될 때까지 계속해서 일어난다. 이 과정에서 산소가 고갈된 공기는 고온상태에서 계속해서 폐기물층을 흘러 유기물에 열을 빼앗겨 유기물이 분해되어 열분해 가스화가 일어나 그림2에 나타난 반응식과 같이 가스상의 물질로 변환된다.

폐기물의 열분해가스화과정에서 생성된 가스는 저발열량이긴 하지만 정제과정을 거쳐 발전 등 여러 목적의 열원으로 사용될 수 있으므로, VITRIFICATION은 에너지 회수이용의 장점도 가지고 있다. 열분해가스화과정에서 생성된 소각재에는 유리화에 필요한

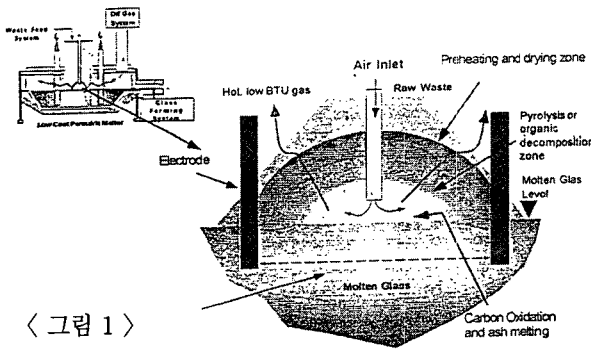
많은 유용한 산화물을 가지고 있다. 즉, 목재류는 용해를 촉진하는 칼슘과 칼륨성분이 많고, 흙이나 먼지는 내구성의 유리를 생성하는데 필수적인 SILICA와 ALUMINA가 풍부하다. 그림 3에는 처리대상 폐기물의 종류 및 생성유리의 다양한 용도를 보여준다.

### 3. 결론

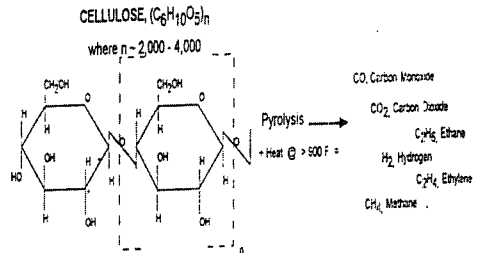
매립지가 부족한 우리현실에서는 폐기물을 소각 처리후 매립 혹은 재활용하는 것이 가장 좋은 방안이나 자원회수시설에 대해 혐오시설로 인식되고 있어 지역내 자원회수시설을 건립시 지역적인 NIMBY현상으로 자원회수시설 건설이 수월치 않은 실정이다. NIMBY현상 심화로 선진국에 비해 소각처리율이 매

우 미흡한 국내 현실을 감안 소각에 의한 매립율을 증대 시켜야 하며 아울러 선진국에 비해 낙후된 자원회수시설에 대한 설계, 시공, 운영관리에 대한 지속적인 기술투자 및 지원을 확대함과 동시에 쓰레기 분리수거가 철저히 이행되어야 한다.

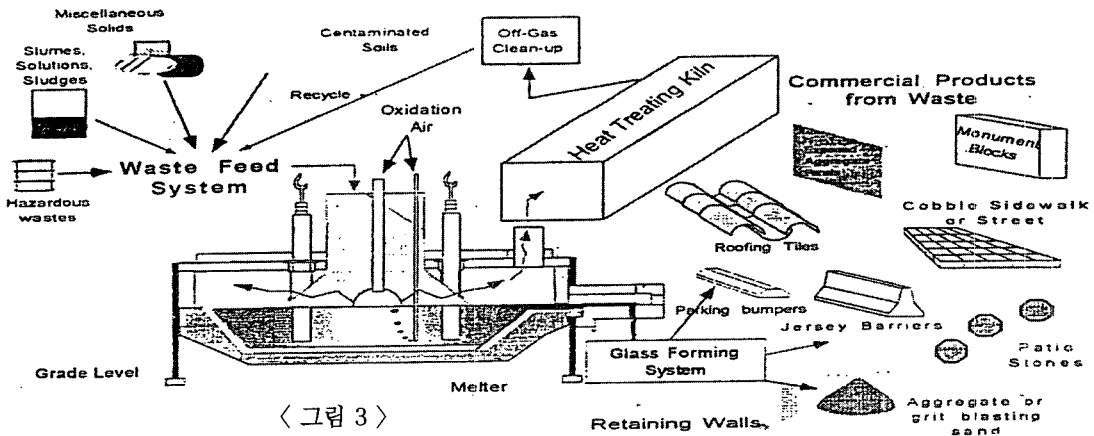
자원회수시설건설의 선두적 입장에서 상계자원회수 시설 건설 경험을 통해 나타난 여러가지 문제점을 보완,개선하여야 할 사항중 신규시설에 반드시 고려해야할 사항들을 개인적인 측면에서 견해를 피력하였으며, 신규로 추진중이거나 검토중인 자원회수시설에 참조가 되었으면 한다.



< 그림 1 >



< 그림 2 >



< 그림 3 >