

동부권 광역자원회수시설 소각설비

■ 배재홍 / 동부건설(주) 플랜트사업본부 환경팀, jhbae@dongbu.co.kr

현재 경기도 이천시에서 운영중인 동부권 광역자원회수시설의 사례를 통해 생활폐기물 소각설비의 구성이 어떻게 이루어지는지 이해를 돕고자 한다.

사업개요

동부권 광역자원회수시설의 전경사진은 그림 1, 사업개요는 표 1과 같다.

시설개요

동부권 광역자원회수시설은 이천시, 광주시, 하남시, 여주군, 양평군 전지역에서 반입되는 생활폐기물을 소각처리 함으로써 폐기물의 감량화, 위생적 처리 및 폐기물 매립지 확보난 해소 등의 목적을 갖고 건설되었다. 또한 소각에서 발생하는 여열 이용을 통한 폐기물의 자원화를 도모하였다.

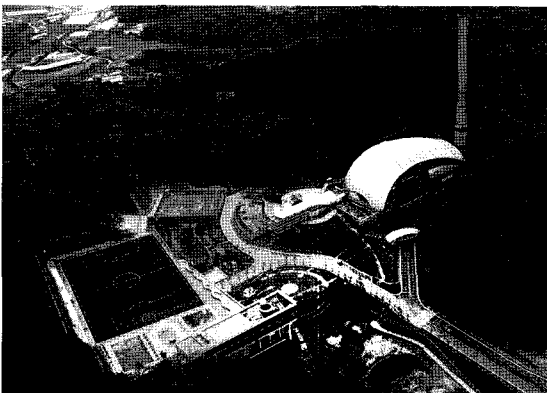
주민편익시설로 축구장, 테니스장, 인라인스케이트장, 수영장, 사우나 등을 통해 지역주민에게 많은 혜택을 주고 있고, 혐오시설이 아닌 친환경시설

로서의 이미지를 제고하고 있다. 본 동부권 광역자원회수시설은 생활폐기물을 일일 300톤 처리하는 용량을 갖추고 있으며, 150톤/일 × 2기로 설치되었다. 소각설비, 연소가스냉각설비, 여열이용설비, 연소가스처리설비, 급배기설비는 150톤/일 2계열로 구성되었고, 반입 및 공급설비, 소각재 처리설비, 폐수처리설비, 기타 유틸리티 등은 공통으로 하였다.

폐기물 반입 및 공급설비

생활폐기물은 반입트럭으로 수송되어 반입장을 거쳐 폐기물 저장조에 저장된다. 폐기물 크레인을 이용하여 저장조 내에서 일정부분 혼합을 거치고 소각로 투입호퍼로 투입된다. 이때 대형폐기물은 호퍼의 막힘이나 소각효율의 저하를 일으킬 우려가 많으므로 파쇄기를 통해 파쇄한 후 투입한다.

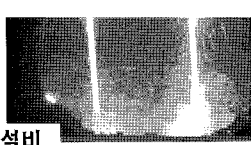
폐기물 반입물은 좌우 회전식 여단이형(Double Swing식), 공기압 구동 방식으로 7기를 설치하였다. 폐기물 크레인은 대용량에 적합하고 자동운전에 유리한 오렌지필식 크레인으로 하였고 1대 상용가동, 1대 예비로 하였다.



[그림 1] 전경사진

<표 1> 사업개요

구분	내용
사업명	동부권 광역자원회수시설 설치사업
위치	경기도 이천시 호법면 안평리 산98번지 일원
부지면적	111,644 m ²
준공일	2008년 11월
시설규모	300톤/일(150톤/일 × 2기)
소각방식	스토커방식
처리구역	이천시, 광주시, 하남시, 여주군, 양평군 전지역
주민편익시설	축구장, 테니스장, 인라인스케이트장, 수영장, 사우나 등



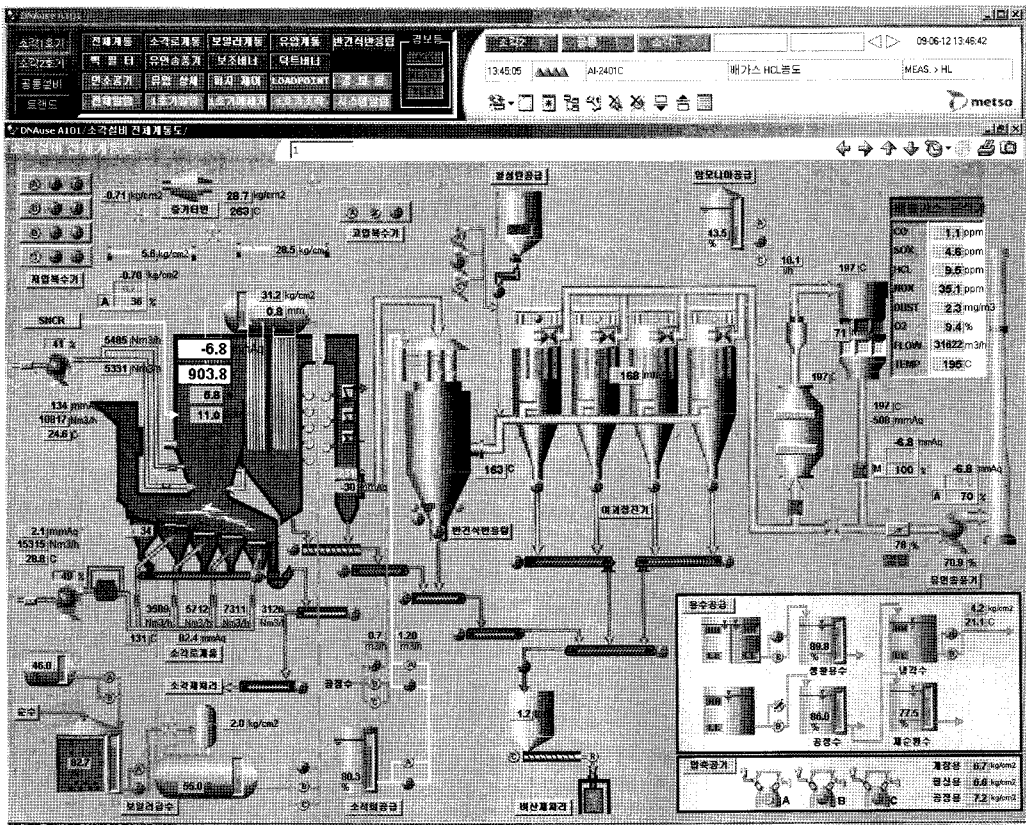
소각설비

국내 생활폐기물 소각에는 스토카 소각로에 의한 처리가 대부분이며, 폐기물의 투입방향과 연소가스의 흐름방향에 따라 향류식, 교류식, 병류식으로 나뉜다. 본 시설에는 스토카 소각로 중 발열량 변동특성이 큰 생활폐기물 소각에 유리한 교류식 소각로를 채택하였다. 폐기물은 불완전 연소시 대기 오염물질의 발생이 증가할 우려가 크고 특히 다이옥신 배출가능성이 높아 소각이 안정적으로 이루어지도록 하는 기술이 중요하다. 본 동부권 광역자원회수시설에는 화상감지 카메라에 의해 연속 측정된 화상이미지를 디지털값으로 변환하여 각종 설정 제어값과 유기적으로 제어하는 최신 연소제어 시스템을 채택하여 폐기물투입량, 화격자이동 속도, 공기량, 연소실온도, 보일러증기발생량 등을

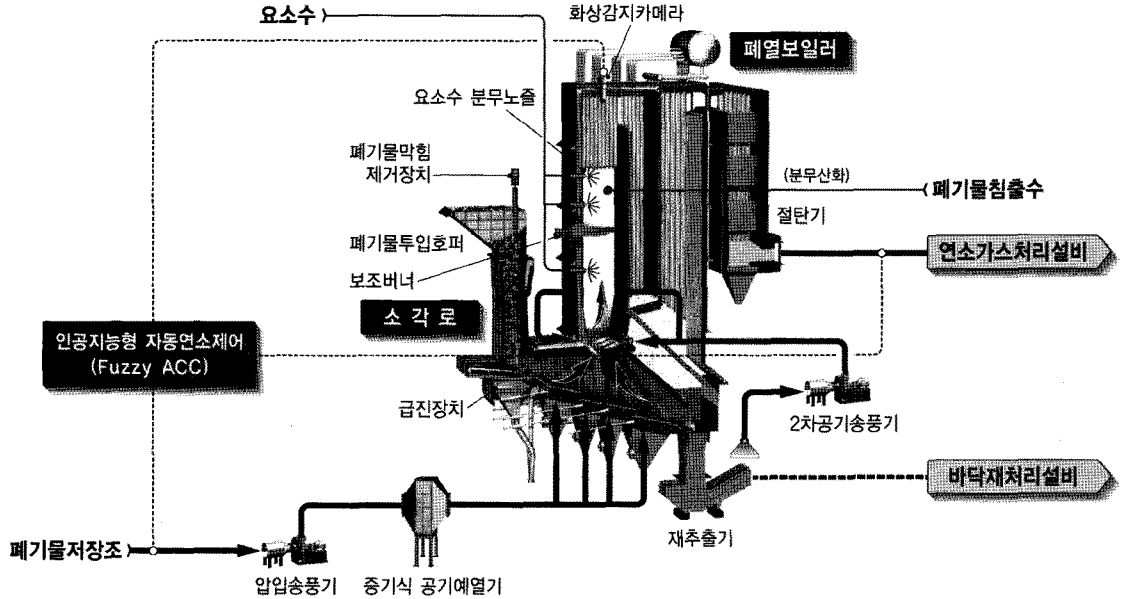
자동으로 컨트롤하여 최적의 연소를 구현하도록 하였다.

화격자의 화상(Fuel Bed)은 12.5도의 경사를 이루고 있어 폐기물의 연소와 이송에 가장 적합한 조건을 제공하고 있으며, 화상에서의 건조, 연소, 후 연소 과정이 순차적으로 이루어지도록 되어 있다. 또한 낮은 경사각으로 인해 전체적인 높이를 낮출 수 있다. 각 화격자를 모듈별(4개)로 개별 제어하므로 완전 연소를 위한 연소공기 제어가 가능하며, 화상에서의 폐기물 연소상태에 따라 개별 제어를 하여 순차적으로 완전연소를 할 수 있다. 또한 화격자 위의 폐기물 체류시간을 연소상태에 따라 조절할 수 있다.

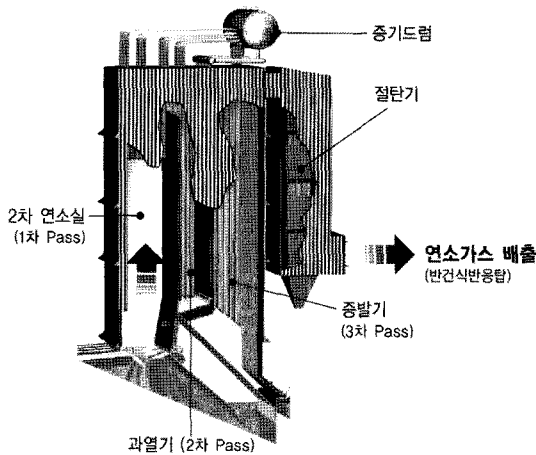
소각로 연소실 출구 온도는 850℃ 이상, 연소가스 체류시간 2초 이상, 강열감량 3% 이하를 유지



[그림 2] 전체계통도



[그림 3] 소각설비 계통도



[그림 4] 폐열보일러 구조

증기드럼 등으로 구성되고 형식은 Single Drum 자연순환형 수관식 보일러이다. 효율적인 폐열회수 및 여열이용을 고려하여 증기조건을 선정하였으며, 고온부식 방지대책을 세워 보일러의 내구성 및 열회수율을 증대시켰다.

폐열보일러 증기조건은 소각폐열의 효율적 이용, 습증기에 의한 터빈 블레이드 침식 방지, 산성가스에 의한 저온부식을 고려하여 $30 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{G} \times 300^\circ\text{C}$ 의 과열증기로 하였다. 또한 과열증기의 사용은 증기터빈 발전시 일반증기 보다 높은 발전량을 생산하도록 하는 이점이 있다.

폐열보일러는 압력조절기에 의해 드럼압력이 제어되고 보일러의 3요소(드럼수위, 증기유량, 급수유량)를 루프방식으로 제어하여 안정적인 증기생산이 가능하다.

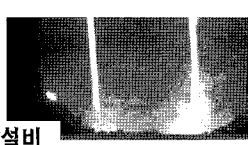
하도록 설계되었고, 설계기준에 맞게 실제 운전되고 있다.

연소가스냉각설비

고온의 연소가스를 냉각하기 위해 폐열보일러를 설치하였다. 폐열보일러는 중발기-과열기-절탄기-

여열이용설비

생활폐기물 소각로의 여열이용은 폐자원의 에너지화라는 측면에서 고려되어야 한다. 소각시 발생하는 여열은 에너지로서 가치가 크므로 이를 이용할 수 있는 설비를 두어 경제성을 극대화하도록 하였다. 폐열보일러에서 발생된 증기는 증기터빈발



전기를 설치하여 전력을 생산하도록 하였고, 주민 편의시설의 수영장, 사우나 등과 건축기계설비, 공기예열기, 가스가열기 등의 열원으로 이용한다.

증기터빈 발전설비는 폐열보일러에서 발생된 과열증기를 다른 에너지원인 전기로 변환시키는 설비로써 본 설비는 소각시설의 정상운전에 필요한 자체 소비전력의 공급은 물론이고 남는 전기는 한전에 매전하고 있다. 추기복수식 증기터빈발전기

를 선정하였고, 증기의 조건은 입구 $30 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g} \times 300^\circ\text{C}$, 추기 $8 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g} \times 200^\circ\text{C}$, 출구 $-0.7 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{g}$ 으로 발전량을 극대화 하였다. 이때 증기터빈에서 발생하는 추기증기를 소각장 냉난방설비, 수영장, 사우나 등에 사용하게 된다.

전력생산량은 최대 8,200 kW이고 이를 통해 연간 약 28억원의 운영비를 절감할 수 있다.

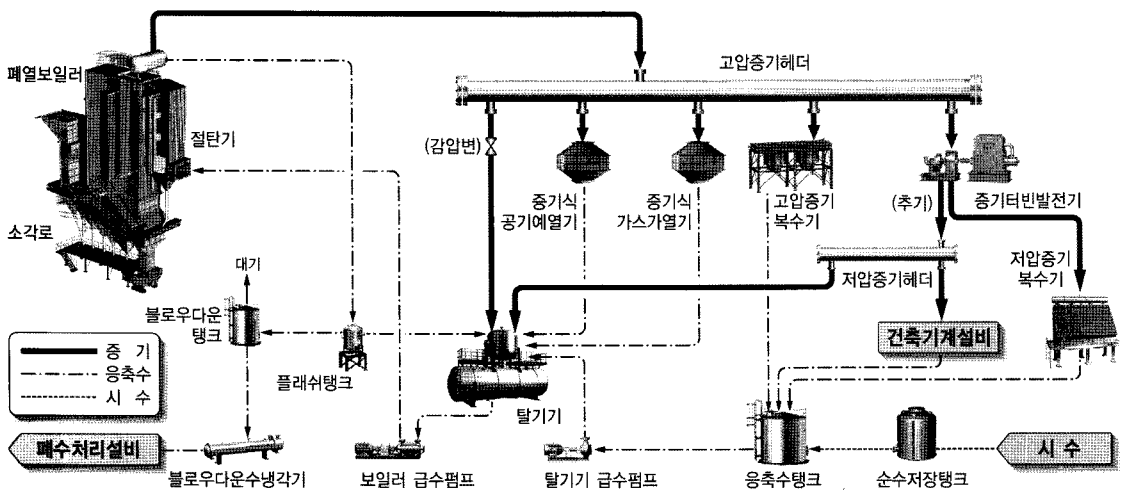
여열이용 현황은 표 2, 3에 나타내었다.

<표 2> 전력이용 현황

구분	수요처	사용량(kW)	비고
전력생산		6,600	
소내사용	소각동, 관리동	1,000	생산전력으로 충당
	주민편익시설	500	
매 전	한국전력	5,100	잔여 전력

<표 3> 온수이용 현황

구분	수요처	사용량(톤/일)	비고
온수생산		1,000	
난방용	소각동, 관리동	50	등질기
	주민편익시설	250	
온수공급	지역가구, 화훼단지 등	700	잔여 열원



[그림 5] 여열이용설비 계통도

연소가스처리설비

생활폐기물 소각시 황산화물, 질산화물, 염화수소 등 산성가스와 미세먼지, 중금속 및 다이옥신 등 각종 유해물질이 발생된다. 따라서 이를 효과적으로 제거할 수 있는 설비가 필수적이다.

본 시설에는 선택적무촉매탈질설비(SNCR) → 반건식반응탑 → 황성탄공급설비 → 여과집진기 → 선택적촉매반응탑(SCR) → 굴뚝으로 구성하였고, 각 오염물질별 처리시스템을 이중화하여 제거효율을 높였다. 최적의 유해물질 처리성능을 보증토록 하였다. 선택적무촉매탈질설비와 선택적촉매반응탑을 통해 질소산화물이 제거되며, 황산화물, 염화수소 등은 반건식반응탑에서 제거된다. 미세먼지 및 중금속류의 입자성 물질은 여과집진기를 통해 99% 이상 걸러지게 하였다. 특히 다이옥신의

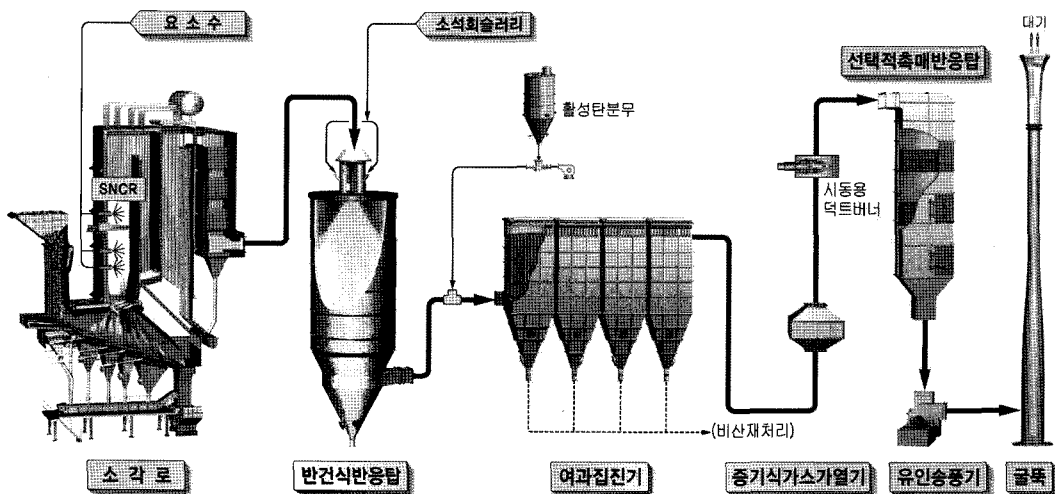
경우 황성탄에 흡착하여 여과집진기에서 걸러지게 함과 동시에 선택적촉매반응탑에서 분해되도록 하여 배출치를 0.03 ng/Nm³ 이하가 되도록 하였다. 또한 연소가스처리설비의약품 주입량을 오염물질의 발생량에 따라 자동제어하여약품 소비량의 최적화를 이루어 경제성도 확보하였다. 표 4에 배출가스 현황을 나타내었다.

급배기설비

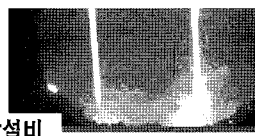
생활폐기물의 안정적인 연소를 위해서는 연소공기의 공급량 제어가 중요하다. 이는 유인송풍기와 압입송풍기를 통한 평형통풍방식으로 이루어지며, 로내 공기량과 압력, 온도 등 연소조건을 감시를 통해 공기공급량을 제어한다. 스토카식 소각로의 경우 연소공기는 1차공기와 2차공기로 나누어

<표 4> 배출가스 현황

구분	단위	법적기준	설계값	운영값
일산화탄소(CO)	ppm	50 이하	40 이하	1.0 ~ 10.0
황산화물(SOx)	ppm	30 이하	10 이하	1.0 ~ 5.0
염화수소(HCl)	ppm	20 이하	10 이하	5.0 ~ 10.0
질소산화물(NOx)	ppm	70 이하	50 이하	30.0 ~ 40.0
먼지	mg/Nm ³	20 이하	10 이하	1.0 ~ 3.0
다이옥신	ng/Nm ³	0.1 이하	0.03 이하	0.03 이하



[그림 6] 연소가스처리설비 계통도



55 : 45의 비율로 공급하는데 1차공기는 화격자 하부에서 공급되고, 2차공기는 2차연소실 도입부에서 공급된다. 여기서 2차공기는 로내 전면 후면에 설치된 노즐에 의해 최대 70 m/s의 고속으로 공급되는데, 소각로 온도조절과 함께 연소가스를 충분히 혼합하여 주어 로내 Dead Space를 최소화 하여 안정적으로 연소를 이루게 한다.

공기공급량의 제어는 댐퍼 개도의 조절을 통해 이루어지는데, 특히 유인송풍기는 댐퍼 개도 조절과 송풍기 회전수 제어를 동시에 한다. 소각부하에 따라 유인송풍기의 회전수(VVVF)를 제어하며, 미세압력 변화는 자동댐퍼로 조절하는 Cascade 제어 방식을 채택하였다. Cascade 제어방식은 제어 범위가 넓고 정밀도가 높으며 미세 압력 조정이 뛰어나고 기동 Torque가 적다. 또한 소비전력이 크게 절약되는 이점이 있다.

압입송풍기는 편흡입 터보형 직결식, 용량 400 Nm³/min × 460 mmAq이고, 2차공기송풍기는 편흡입 터보형 직결식, 용량 333 Nm³/min × 970 mmAq이며, 유인송풍기는 양흡입 터보형 직결식(VVVF), 용량 850 Nm³/min × 850 mmAq이다.

급배수설비

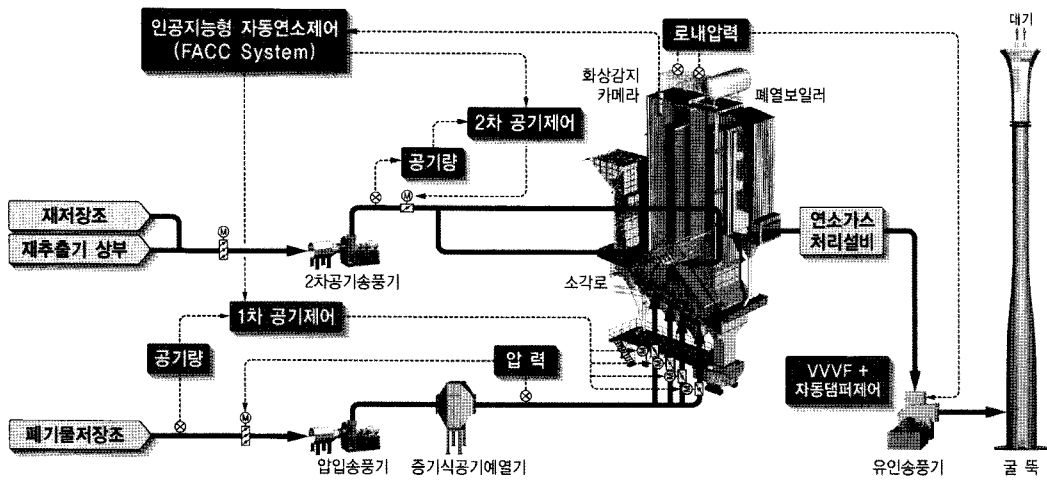
급배수설비는 단수 및 비상시를 대비한 안정적인 용수공급을 최우선으로 하였고, 수질관리 시스템

도입으로 설비수명의 연장 및 용수의 절감을 가져 오게 하였다. 급수계획은 생활용수, 공정용수, 중수도로 나누어진다. 생활용수는 소각동, 관리동의 통합급수라인을 설치하였고, 비상시를 대비하여 2일분의 저장용량을 확보하였으며, 공정용수는 비상시를 대비하여 3일분의 충분한 저장용량을 확보하였다. 또한 시설내 발생폐수를 폐수처리설비에서 처리후 재이용하도록 하여 용수비용을 절감하였다.

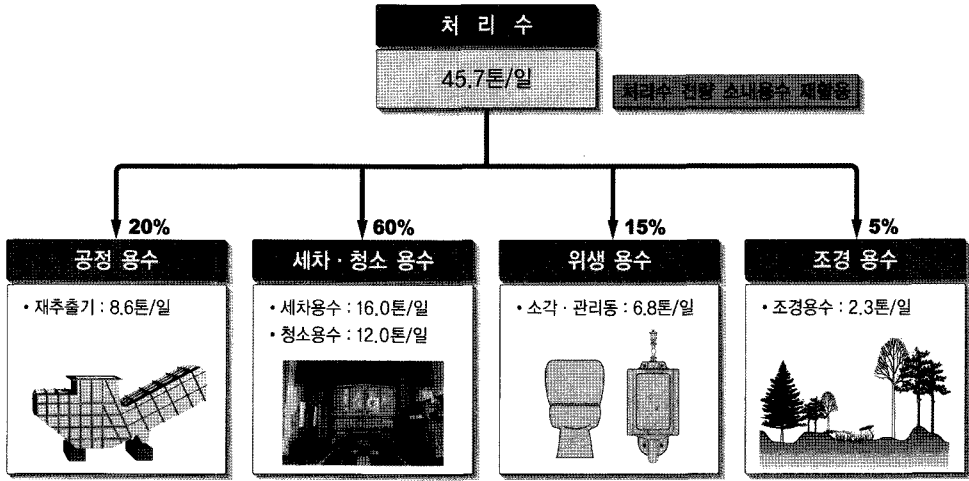
소각재처리설비

소각재는 소각로 바닥에서 발생하는 바닥재와 폐열보일러, 반건식반응탑, 여과집진기 등에서 발생하는 비산재로 나누어지고 각각 처리방법이 분리되어있다.

바닥재는 재추출기를 통해 이송되어 자력선별기를 거쳐 유가물은 분리후 재활용하고 나머지 바닥재는 재저장조에서 안정화된 후 재반출트럭을 이용하여 반출하게 된다. 재추출기는 외기 흡입 방지 및 밀봉을 위하여 적절한 수위가 유지되는 구조이며 케이싱의 가장 낮은 위치에서의 높이가 약 780 mm가 되어서 바닥재 중의 큰 덩어리 조차도 문제없이 제거시킬 수 있다. 재추출기의 구동은 고압 유압시스템에 의해서 이루어진다. 비산재는 폐열보일러, 반건식반응탑, 여과집진기 등에서 떨어져



[그림 7] 급배기설비 계통도



[그림 8] 폐수 재이용 현황

컨베이어를 거쳐 비산재저장조에 저장한 후 톤백에 담아 반출한다.

폐수처리설비

본 시설에서는 폐기물침출수, 블로우다운수, 기타설비 드레인, 청소수, 세차수, 생활오수등이 발생하게 되는데, 모든 폐수를 환경 보전을 위하여 본 시설내에서 기준치 이하로 직접 처리하여 외부로 방류시킨다. 특히 폐기물침출수는 고농도 폐수로서 처리가 곤란하여 소각로에 분무하여 연소처리하도록 하였다. 이는 폐수의 처리와 소각로 온도 조절을 동시에 할 수 있다는 이점이 있다. 폐기물 침출수를 제외한 폐수는 폐수처리설비로 집수하여 처리한다. 폐수처리설비는 멤브레인을 이용한 고도처리를 적용하여 중수도 기준 이하로 처리한 후 재이용 하도록 하였다. 그림 8에 폐수 재이용 현황을 나타내었다.

기타 유틸리티

저질폐기물 반입 시, Start-up 및 Shut-down 시 사용되는 보조버너에 사용되는 연료공급설비를 두어 비상시를 대비하였다. 도시가스 기존배관에서 유입된 LNG 가스를 정압실을 통해 공정용 및 기타 열원설비에 공급하며 각 버너 입구에는 가스

누설 감지기를 설치하여 안정성을 확보하였다.

공정용·계장용 압축공기공급 설비로는 무급유 왕복동식 공기압축기와 수직 원통형 공기저장탱크를 두었고, 소음 및 진동의 영향을 최소화 하도록 독립실에 독립기초로 설치하였으며 흡음재를 설치하였다.

소각시설에서 발생하는 악취를 제거하기 위해 활성탄 흡착탑을 설치하였고, 이동식 분무 탈취기를 반입장과 같이 악취가 심한 곳에 두어 악취발생을 최소화 하였다. 또한 터널식 고압세차설비를 설치하여 항상 쾌적한 주변 환경을 유지하도록 하였다.

결론

생활폐기물의 처리방법 중 소각은 2차오염(소각재, 대기오염물질 등)의 발생이라는 문제점을 갖고 있으나 폐기물의 안정화와 감량화 측면에서 매우 우수하여 국토가 적은 우리나라에서 상당부분 발전하여 왔다. 근래에는 소각 여열을 이용하는 설비가 발전되어 본 동부권 광역자원회수시설과 같이 단순 소각이 아닌 폐기물을 연료화한 재생에너지 시설로서 탈바꿈하고 있다. 앞으로 폐기물을 완전 연소하여 2차오염을 최소화시키고, 폐자원을 에너지화하는 기술개발이 더욱 가속화될 것이다. (주)