

병원폐기물의 소각처리

유동준, 김향원 (고려소각로공업(주))
황 정 호 (연세대 기계공학과)

1. 머리말

폐기물오염에 대한 국민적 인식 확대, 쓰레기종량제 실시 등과 함께 무분별한 병원폐기물 처리로 인한 2차 감염사고 가능성을 고려할 때, 병원폐기물의 효율적이고 위생적인 관리는 병원의 안정적 운영에 매우 중요한 요소가 되고 있다. 병원폐기물은 병원내의 분산된 여러 장소(입원실, 외래 진료실, 응급실, 중환자실, 수술실, 분만실, 실험실, 병리 검사실, 조제실, 치과병원, 방사선실, 동물실, 폐수처리시설, 세탁시설, 서비스시설-식당·매점, 관리실 등)에서 부정기적으로 발생되기 때문에 관리계획을 수립하는데 신중을 기하여야 한다.

국내의 관련법에 의한 병원폐기물의 종류 및 배출원은 매우 다양하다. 병원폐기물은 법적으로 일반폐기물, 지정폐기물, 적출물, 진료용 방사성폐기물, 오·폐수 등으로 구분되며, 이들은 각각 폐기물관리법과 대기환경보전법, 의료법(적출물등 처리규칙), 원자력법, 수질환경보전법과 오수·분뇨 및 축산폐수에 관한 법률에

적법하게 관리 및 처리되어야 한다. 지정폐기물과 방사성폐기물은 발생량이 매우 적으면서 간헐적으로 발생되므로 자체 처리시설을 확보하는 것보다는 적법한 시설을 운영하고 있는 전문 처리기관에 위탁하여 처리하는 것이 관리와 경제성 측면에서 유리하다. 그러나, 적출물과 일반폐기물은 병원 내 전체 쓰레기량의 대부분을 차지할 정도로 다량이며 1일 24시간 동안 계속해서 발생하고, 발생원도 병원 전체에 산재해 있어 관리가 특히 어렵다. 따라서, 법적인 측면과 현실적인 상황에서도 병원폐기물 수거업자의 위탁처리 기피 및 위탁처리비용의 증가, 부적절한 처리로 인한 병원성 전염균의 외부 확산 등 여론의 악화를 고려할 때, 병원 내에 적법한 자체처리 시설을 설치하여, 발생원에서 자가처리하는 것이 위탁처리를 하는 것보다 경제적·환경적으로 훨씬 유리하다.

병원폐기물의 가장 효율적인 관리를 위해서는 발생원에서부터의 철저한 분리수거와 소독, 내용성분의 자세한 표시와 포장, 안전한 수송과 보관이 필수적이며, 최종처리를 위해서는

재활용폐기물의 회수, 가연성분의 고온 소각처리에 의한 병원균의 사멸, 폐기물 감량화, 폐열의 회수, 불연성분은 적합한 시설에서 보관 후 매립처리 하도록 하는 것이 최적의 관리방안으로 평가할 수 있다.

이러한 개념에서, 각 병원폐기물 중 적출물과 일반 및 지정폐기물의 적정관리 방안을 제시하면 다음과 같다. 적출물은 병원폐기물 중 전염성균을 가장 많이 포함하고 있어 세심한 주의가 필요하다. 적출물의 처리방법은 소각처리, 살균처리 그리고 위생매립 등의 3가지 방법이 있으며, 이중 소각처리가 가장 대표적인 방법이다. 미국 병원협회(AHA)에서 1983년 조사한 결과는 미국 전체병원의 67%가 적출물을 소각처리하고 있으며, 16%가 Auto Clave 살균 후 매립처리하고 약 15%는 불법으로 처리하고 있다고 보고하였다. 위생매립의 경우 매립과정에서 병원균의 노출 및 우수로의 누출 등 위험성이 있기 때문에 미국 EPA에서는 소각을 적극 추천하고 있다. 일반폐기물은 가능한 한 위치별로 분리, 수거되도록 하여야 하며, 재생 가능한 쓰레기는 특히 분리가 잘 되도록 관심을 기울여야 한다. 빈병, 알미늄 캔 등은 분리수거 하여 재활용할 수 있도록 하며, 쓰레기 용기는 재생용 쓰레기, 가연성 쓰레기, 불연성 쓰레기로 구분하여 보관한다. 특히 용기는 뚜껑을 덮어 두어서 악취발산, 해충의 서식 등을 방지하여야 하며, 청결을 위하여 정기적인 소독을 실시한다.

2. 국내의 병원폐기물 관리현황

국내의 경우, 종합병원급 병원폐기물의 수집, 보관실태 및 처리현황을 조사한 자료는 거의 없으나, 수도권 몇 개 병원의 조사 결과를 보면, 적출물은 의료법의 "적출물등 처리규칙"에 의하여 병원자체에서 소각처리하거나 적법한 시설을 보유한 폐기물처리업체에 위탁처리하도록 되어 있어 대부분은 위탁처리하고 있다. 그러나, 위탁처리업체의 영세성과 위탁수령 후 불법처리하는 예가 빈번함에 따라 점차로 병원에서 자체의 소각시설을 설치하여 소각처리 하는 경향이며, 국내에 설치운영 중인 중형규모 소각시설 현황은 표 1과 같다.

일반폐기물 중 매립이 가능한 것은 현재까지 폐기물 수거업체에 위탁하여 일반 생활쓰레기와 함께 매립지에 처리하여 왔으나, 매립지에서 병원폐기물의 반입을 엄격히 제한하고 있으므로 수거업체에서 폐기물의 수거단가를 높이고 있으며, 심지어는 수거를 기피하고 있어 소각 등 자체의 처리방법 확보가 필요한 시점에 있다. 일반폐기물 중 음식쓰레기는 양돈업자에게 위탁처리하고, 재활용품은 분리수거하여 판매를 계획하고 있으나 수요처의 확보에 어려움을 겪고 있다.

국내의 병원폐기물 발생량에 대한 기초자료는 거의 없는 상태이며, 1989년 보건사회부의 자료를 근거로 할 때 우리나라의 종합병원폐기물 발생원단위는 13kg/bed-일로서 일본의 약 2배가 된다. 이는 우리나라 병원의 병상수

가 환자수에 비하여 부족해서, 외래환자의 비율이 높고 이로 인해 외래환자가 버리는 쓰레기의 양이 많기 때문으로 이해할 수도 있으나, 실제로 병원에서 발생되는 폐기물의 양을 조사해 본 바로는 너무 과대하게 집계된 자료로 알려지고 있다. 1993년 연세대학교 환경공해연구

소에서 설문조사하여 조사한 바에 의하면, 우리나라 종합병원의 병상수당 병원폐기물 배출원단위는 3.42kg/bed-일로 보고하고 있으나, 각 성분별 조성비는 자료의 빈곤으로 제시하지 못하고 있다.

표 1. 국내 병원폐기물소각시설 설치·운영 현황

병원명	병상수	소각용량	가동일	소각형식	대기오염방지 시설형식	시설 특징
서울대 병원	1,500	적출물소각로 : 150kg/hr	'79	일괄투입식	습식세정시설	붕대, 거즈, 솜만 소각 기타 폐기물 위탁처리
인천 길병원	250	폐기물소각로 : 250kg/hr	'92	스토카식 고정상소각로	습식세정시설	백연 및 폐수발생 대기배출허용기준 준수곤란
아주대 의료원	800	폐기물소각로 : 350kg/hr 적출물소각로 : 20kg/hr	'94.4	스토카식 이동상 난류연소식소각로	준-건식세정시설	최초의 위생적 병원폐기물 소각로이며, 백연 및 폐수가 발생되지 않음
아산재단 서울중앙 병원	1,600	폐기물소각로 : 400kg/hr	'94.	스토카식 고정상소각로	습식세정시설	백연 및 폐수발생 대기배출허용기준 준수곤란.
삼성 의료원	1,000	폐기물소각로 : 300kg/hr	'94	스토카식 고정상소각로	건식세정시설	시설공개 않된 상태로 폐쇄
인하대 병원	800	폐기물소각로 : 350kg/hr 적출물소각로 : 50kg/hr	'95	스토카식 이동상 난류연소식소각로	준-건식세정시설	백연 및 폐수 발생 없음 소각로 내부조건에 따라 운전조건이 자동 조절됨
전북대 병원	1,200	폐기물소각로 : 450kg/hr	'96	스토카식 이동상 난류연소식소각로	준-건식세정시설	백연 및 폐수 발생 없음 소각로 내부조건에 따라 운전조건이 자동 조절됨.
아산재단 강릉병원	500	폐기물소각로 : 200kg/hr	'96.2	스토카식 이동상 난류연소식소각로	준-건식세정시설	외국 소각로를 도입한 결과 많은 문제점이 발생하고, 국내 소각로의 운전결과와 비교한 결과 국내기술로 발주.
연세대 신촌병원	2,500	폐기물소각로 : 300kg/hr	'99.3	스토카식 이동상 난류연소식소각로	준-건식세정시설	소각로 내부조건에 따라 운전조건이 자동 조절됨. 다ioxin 배출규제 할 수 있는 시설 포함.

3. 외국의 병원폐기물 관리현황

외국의 병원폐기물 발생원단위를 보면 나라에 따라 배출량에 약간의 차이가 있으나, 대개 3~6kg/bed-일 정도임을 알 수 있다. 특히, 우리와 생활습관이 비슷한 일본의 대학부속병원의 경우에는 6kg/bed-일 이며, 국내 병원폐기물의 신뢰성 있는 자료확보가 곤란한 상황 하에서는 이 자료를 많이 이용하고 있다. 병원폐기물의 성분조사에 대한 자료는 거의 없으며, 일본의 동경도 23구내 의료기관 가운데서 청소국 및 동경도 환경정비공사가 수거한 폐기물의 조성을 분석한 결과를 기준으로 한 것을 사용하고 있다.

1988년 일본의 동경부 청소국에서 조사한 "의료기관에서 발생된 폐기물의 실태조사결과"를 토대로 하여 알아보면, 일본에서는 병원폐기물의 부적절한 관리에 의해, 일반인이 B형간염에 감염되는 사고들과 청소원이 쓰고 버린 주사침에 찔리는 등의 사고가 연달아 일어나자, 병원폐기물의 적절한 관리 및 처리에 대해 후생성에서 조사를 하였다. 또한, 1988년 동경도 청소국에서는 의료기관에서 발생한 폐기물의 발생량, 수거·운반 및 처리·처분 실태 등을 대대적으로 조사하였다. 일본의 청소법에서는 병원폐기물을 산업폐기물로 분류하고 있다. 그러나, 많은 병원폐기물이 산업폐기물로 인식되지 않은 채로 일반폐기물로 처리되어 사회적 문제가 되었었다. 특히, 병원 내에서의 폐기물관리 책임(배출장소에서의 분리, 저장, 이송

등)은 관리부문에 있으나, 실제로 폐기물의 처리작업은 의주업자가 시행하고 있으며, 배출자는 의사·간호사 등 의료스텝 들이다. 이처럼 폐기물 배출자, 처리하는 자, 관리하는 자의 연결이 유기적이지 못하고, 병원업무 중 폐기물 관리책임자가 없기 때문에 폐기물 관리체계에 일관성이 없었다. 예를 들어 폐기물의 발생·배출로부터 원내 저장의 과정을 거쳐 최종처리되기까지 여러 사람들에게 옮겨질 때 정확한 업무구분이 되지 않기 때문에 의료시설 내에서의 일반폐기물과 산업폐기물이 구분이 안되고 뒤섞이게 되어 많은 어려움을 겪었다. 이처럼 현재 우리나라와 크게 다를 바 없이 많은 문제점을 가지고 있었으나, 후생성에서 "의료 폐기물처리 가이드 라인"을 발표하는 등 적극적인 행동을 취하므로써 문제를 상당히 개선하였다.

미국 등 선진 외국에서는, 대부분의 병원폐기물을 소각처리 하도록 하고 있다. 소각시 배출되는 대기오염물질의 적정처리를 위한 비용의 상승 문제가 있으나, 전염성균의 멸균·사멸화, 에너지의 회수이용, 폐기물의 감량화 등 여러가지 관점에서 소각처리가 가장 경제적인 방법으로 평가받고 있다. 미국 등에서는 병원폐기물의 소각처리에 대한 많은 사례연구가 이루어지고 있으며, 병원에서 발생하는 폐기물은 유해성이 전혀 없는 경우에도 일반생활폐기물과 분류하여 RED BAG으로 분류하고 있다. 지금 미국의 병원폐기물 관리에 대한 주된 관심사는 소각시 배출될 수 있는 대기오염물질의 최적처리를 위한 시설의 확보에 대한 것이다.

미국의 Medical Waste Tracking Act는 1988년 11월에 제정되었고 병원폐기물의 소각에 대해서는 Clean Air Act 의 New Source Performance Standards (NSPS)에서 규제를 하고 있다. 법에서는 병원폐기물의 저장, 취급, 수송, 최종처분 등에 대해 구체적으로 규정하고 있다. 미국의 병원폐기물 정책은 연방법으로 정한 Medical Waste Tracking Act을 기준으로 하여, 각 주마다 별도의 엄격한 규정을 추가하여 관리하고 있다. 즉 Ohio State Guidelines, Michigan State Guidelines, Pennsylvania State Guidelines 등과 같이 별도의 주 법규들을 제정하여 시행하고 있으며, 1988년 현재 전체 주의 약 88% 가 법적 규제를 가지고 있다.

4. 가연성 병원폐기물의 소각처리

병원에서 발생하는 폐기물 중 대부분을 차지하는 적출물과 가연성 일반폐기물을 고온소각 처리함으로써, 병원균의 완전사멸화와 폐기물량의 절대감소(90% 이상)에 의한 위탁처리비용의 절감, 작업자들의 2차감염방지 그리고 소각폐열을 회수하여 병원용 열원으로 사용함으로써 연료비용의 절감 등을 도모하고, 폐기물관리법과 적출물 등 처리규칙에서 규정하는 모든 방법을 만족하면서, 향후 강화될 환경규제에 대응할 수 있다.

소각시설의 주요장치는 소각설비, 폐열회수설비, 대기오염방지설비, 투입 및 회출시설, 통풍설비, 배관공사, 도장공사, 전기.계장공사 등

이 있다. 다음에서는 연세대 세브란스병원에서 배출되는 병원폐기물의 소각처리를 위한 시설의 검토 및 설계의 예를 제시하였다.

4.1 소각대상 가연성 폐기물의 성분조성 및 설계 기준

폐기물의 성분은 소각이 가능한 가연성분(폐지, 폐목, 고무·피혁, 폐합성섬유, 폐플라스틱, 봉대·솜·거즈 등)과 소각 시 타지 않고 그대로 소각재로 배출되는 불연성분(금속, 초차류 등)으로 구분 할 수 있다. 소각로의 내구성을 보장하면서 보조연료의 사용량을 줄이기 위해서는 발생원에서부터 철저히 분리 수거를 하는 것이 필요한 바, 몇몇 병원폐기물의 원소 조성은 탄소(C) 37.33%, 수소(H) 5.40%, 산소(O) 23.72%, 질소(N) 0.67%, 황(S) 0.11%, 불연물(ASH) 0.64%, 수분(H₂O) 30%가 되며, 이를 기준으로 하여 연소계산을 실행하였다.

4.2 소각시설 공정

폐기물의 소각 처리를 위한 단위 공정은 다음과 같이 구분한다.

- 폐기물 투입장치 : 폐기물분리, 폐기물 저장시설 투입리프트, 투입퓨셔 및 폐기물 공급호퍼
- 소각시설 : 소각로 (이동상 난류연소식)
- 폐열회수시설 : 노통연관식 폐열 보일러
- 대기오염방지시설 : 준건식세정기, 여과집

진기(Bag filter)

- 통풍시설 : 강압송풍기, 배가스 덕트, 유인송풍기
- 소각재배출시설 : 재배출 푸셔, 소각재 냉각설비, 재배출 콘베이어, 재 저장함.

- 기계전기 및 계장 : 그래픽보드, PLC 중앙제어시설

상기 단위공정이 조합된 소각시설의 전체공정은 그림 1과 같으며 각 공정의 설명은 다음과 같다.

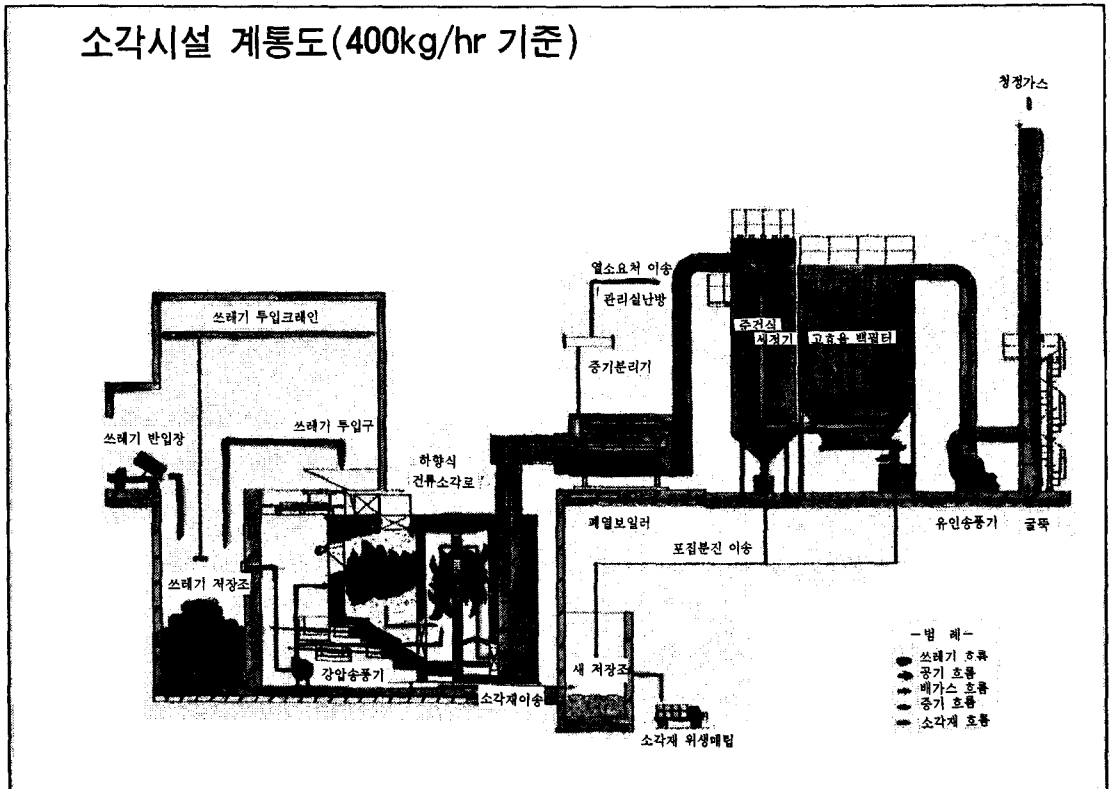


그림 1 중형규모 폐기물소각시설의 주요 공정 계통도

(1) 폐기물 투입 장치

소각장에 반입되는 폐기물은 고리가 달린 쓰레기통에 수집 운반되어, 소각로 투입구에 설치된 투입리프트에 장착하여 투입할 수 있는 반자동투입설비로 이루어졌다. 저장된 폐기물

은 운전제어반에서 조작하여 소각로 투입호퍼에 이동시킨 후, 유압 구동되는 실린더게이트와 램피더에 의해 소각실과 외부의 기밀성을 유지하면서 소각실 내부로 투입된다. 투입용 자동문은 유압시스템으로 작동하여 운전 소

요되는 인력을 줄이도록 하였으며, 폐기물과 운전자와의 접촉을 방지할 수 있도록 하였다. 또한 폐기물의 소각실 내부 투입이 정량적으로 조절되므로 소각로의 연소효율을 증대시킨다.

(2) 소각시설

이동상 난류연소식 소각로는 연소공기 공급 노즐의 특수설계방식에 의한 고분사 난류선화 연소 유도로 연소효율을 극대화하며, 1차/2차 연소실을 통한 완전 고열분해방식의 무연, 무취, 완전연소를 유도하는 구조로 한다. 또한 내화구조물 설계에 의해 일반가연성 및 다습성의 병원폐기물이 혼합상태로 발생할 경우에도, 연소실의 복사열이 폐기물에 전달되도록 하여 열효율을 극대화 할 수 있도록 한다.

(3) 폐열회수 시설

소각시 발생하는 배 가스는 $850^{\circ}\text{C} \sim 1,000^{\circ}\text{C}$ 의 고온으로 많은 열에너지를 보유하고 있다. 따라서 이 열에너지를 버리는 것은 자원의 손실 뿐만 아니라 소각로 후단의 공해방지 설비에도 악영향을 끼치므로, 이 열을 회수하여 사용하는데 필요한 설비가 폐열보일러이다. 폐열보일러를 거친 배 가스 온도는 $250^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 정도로서 공해방지 설비에서 저고온부식을 피할 수 있을 뿐만 아니라 가스의 체적이 감소되어 배출가스처리가 용이하고 회수된 열은 증기(Steam)로 환원되어 이용가능한 곳으로 공급된다.

(4) 대기오염방지시설

소각시 발생하는 배 가스는 여러가지 유해한 물질을 포함하고 있는데 특히 유해한 것은 입

자상물질(분진, 소량의 중금속류)과 가스상물질(산성가스류, 유기독성가스) 등이다. 따라서, 이것을 집진 또는 제거하여야 하는데 이에 필요한 설비가 대기오염방지설비이다. 대기오염방지시설로는 준건식세정기와 여과집진기의 조합형을 선정하였다. 준건식세정기는 폐열보일러 부터 이송된 고온 유해가스를 준건식세정기의 상단에 설치된 압력노즐에서 분무된 반응제와 병류로 접촉하여 오염물질이 반응제와 반응하여 고체상의 무기염을 생성시키는 장치이다. 여과집진기는 준건식세정기에서 오염물질과 반응제와의 화학반응에 의해서 생성된 고체상의 무기염을 제거하기 위한 장치로서, 탈진은 펄스-젯 방식을 사용한다. 준건식세정기와 여과집진기를 통과하면서 소각 배가스는 완전히 청정가스가 되며, 청정가스는 굴뚝을 통해 대기중으로 확산하게 된다.

(5) 소각재 처리시설

소각시 발생하는 소각재는 대부분 소각로 하부의 재처리실에 낙하하여 모이게 되는데 타면서 낙하한 소각재의 온도는 500°C 정도이므로 소각로의 가동 중에 소각재를 외부로 배출시키는 것은 주위가 필요하다. 배출방법은 재처리퍼셔(Pusher)를 가동시켜 소각재를 저장고로 밀어낸 후 급냉수조에서 냉각하고 콘베이어로 이송하여 외부의 소각재 저장시설에 저장한다. 저장된 소각재는 일정량이 모아지면 위탁처리한다.

(6) 통풍시설

통풍 설비로는 강압송풍기와 유인송풍기로

구성되며 강압송풍기는 소각로 내부로 폐기물의 연소에 필요한 연소 공기를 주입하는 역할을 하며 유인송풍기는 소각로 내의 배가스를 대기 중으로 배출하기 위해 유인하는 역할을 한다. 유인송풍기는 소각로 내부의 압력을 부압으로 유지하므로 운전자의 안전과 배가스가 대기오염방지시설에서의 일정한 유속을 유지하도록 한다.

(7) 기계전기 및 제장시설

본 설비는 안정성을 위하여 쓰레기의 투입과 회출만 반자동으로 되도록 하였으며, 소각로의 내부 온도제어에 의한 최적 연소조건 유지, 대기오염 방지시설의 온도제어 등은 모두 PLC 제어에 의하여 자동으로 운전되도록 하였다. 발생하는 가연성 폐기물을 안정되고 효율적으로 소각하기 위하여 기계조작이 쉬우며 시설의 운전상태를 효율적으로 감시할 수 있도록 PLC 자동운전이 가능하도록 운전 제어시설을 구성하였다. 최상의 조건에서 시설이 운영되도록 하기 위하여 특히 다음의 사항에 중점을 두어 설계하였다.

- 제어방식의 적정성 및 관리의 용이성
- 중앙감시 및 통제의 용이성
- 자료해독 및 분석의 합리성
- 비상시 안전 및 제어 대책

모든 운전 조건하에서 안전, 정확, 원활한 시설가동을 보증할 수 있도록 측정설비, 제어설비 및 감시설비 등을 설계, 제작하였으며, 시설은 P&ID를 충분히 고려하여 전체 설비를 완전하게 가동시킬 수 있도록 하였다.

5. 각 단위공정의 사양 및 운전특성

5.1 소각시설

소각시설은 자체중량, 적재하중 및 기타 하중에 충분히 견딜 수 있는 구조이어야 하고, 소각로 하단부위 및 개폐문 부위는 내화재(CT-160)로 충전하고, V-Type Anchor(STS 304)로 고정하여 소각로에서 방출되는 온도를 줄임으로써 연소효율을 높일 수 있도록 제작한다. 연소실의 내부는 고내열성의 재질 또는 내마모성의 내화도(SK)34 이상의 내화벽돌이나 내화물로 구성하며 화염이 닿는 부분은 SK34 이상의 내화벽돌로 축조한다. 소각로의 표면온도는 60℃ 이하가 되도록 단열벽돌 또는 실리카보드로 축조한다. 연소실에는 내부를 볼 수 있는 검시공을 설치하며, 연소실의 출구에는 섭씨 1,200도 이상 측정할 수 있는 열전대를 설치하고, 온도 지시계 및 온도변화를 연속적으로 기록할 수 있는 자동온도 기록계를 설치하여야 한다. 소각로의 공기공급관은 고온에 잘 견딜 수 있게 STGP 이상의 재질로 해야 하며, 연소공기는 연소실내에 적절히 분포하여 주입시키는 구조로 한다. 소각로에서 발생하는 가스로 인한 폭발장치를 위하여 안전장치를 설치하여야 하며, 또한 연소실 내부의 급가연성 폐기물이 유입되어 순간점화로 폭발 및 가스 팽창을 배기시키는 안전장치를 설치한다. 소각로에서 폐열보일러로 연결되는 덕트의 재질은 SS400 6t이상으로 하고 내부는 내화재로 충전한다. 또한 소각물이 흘날리거나 악취의 발산

을 방지하는 데 필요한 시설을 갖추어야 하며, 처리시설의 바닥은 물이 스며들지 못하는 재료 (콘크리트)로 포장한다.

형식(명칭) : 이동상 난류연소식 소각로

방 식 : 강제선회 연소방식

연 소 실 : 내화축로구조

연 소 노즐 : 공기챔버를 갖는 콘타입 고속분사노즐

재 질 : 본체외부 SS 400 + 내식처리 단열벽돌 B-1
내화벽돌 SK-36, SK-34
캐스타블 CT-160
실리카보드

부대설비 : a. 교반 PUSHER SYSTEM

b. 1차, 2차 보조버너

c. 버너 GATE SYSTEM

5.2 투입설비

ARM FEEDER를 이용하여, 병원폐기물의 노내투입이 용이하도록 설계된 반자동투입설비로 구성한다. 폐기물은 고리가 달린 쓰레기통에 수집·운반되어, 소각로 투입구에 설치된 ARM FEEDER에 의해 소각로에 투입된다. 공급설비는 폐기물 수거차에 의해 수거된 폐기물을 소각장에 반입하여 분리한 후 가연성분을 소각로에 투입하는 것으로 하며, 주 설비는 유압 작동식이다. 다이옥신 생성물질인 PVC 등 유기염소계 화합물, 클로로 페놀을 원료로 하는 화합물 등과 "DE NOVE SYNTHESIS"의 금속 촉매로 작용하는 구리, 철 등의 금속류를

철저히 분리하여 제거한 후 소각하도록 한다.

형 식 : ARM FEEDER

부대시설 : 폐기물 공급호파

폐기물 투입리프터

투입푸셔(RAM PUSHER)

5.3 소각재 배출설비

병원폐기물의 고열 소각 후 회분의 작열감량은 10% 내외이다. 소각재는 유압실린더에 의해 작동되는 회출문(ASH DOOR)을 통해 주기적으로 배출되며, 배출과 동시에 급냉수조(Quenching Chamber)에서 냉각되어 컨베이어에 의해 이동후 소각재 처리함에 모아진다.

1) 재처리 PUSHER SYSTEM

형 식 : HYD' CYLINDER SYSTEM

재 질 : SS 400, STS 310s, 내열강

부대시설 : 유압 UNIT 1식

GUIDE BAR(S45C) : 1식

CYLINDER BRK' : 1식

2) 재처리 급냉수조(ASH QUENCHING)

형 식 : CONVEYOR SYSTEM

재 질 : STS 304

부대시설 : GRARED MOTOR 1대

CHAIN (RF #205-S) 1식

5.4 폐열이용설비

폐열회수 보일러와 그 부속품의 재료 및 구조는 KSB 6233(육용강제 보일러구조) 및 에너지 이용합리화법의 육용강제보일러(1-1001) 형식승인 기준에 적합한 것으로 한다. 폐열회

수 보일러는 노통연관식으로 산업안전관리법 제 36조에 의거 압력용기 검사에 만족할 수 있는 각종 안전장치 및 보호장치를 부착해야 한다. 폐열회수 보일러는 가스인입 온도는 850℃ 이상이고 방출온도는 250℃ 이하로 한다. 보충수 탱크에는 볼탭밸브(Ball Tap Valve)를 설치하여 수면높이를 항상 일정하게 유지 하도록 해야 한다. 폐열회수 보일러에서 준건식 세정기까지 덕트의 재질은 SS400 4.5t이상으로 한다.

형 식 : 소각전용 노통연관식 특수 폐열보일러

증기온도 : 151℃

증기압력 : 운전압력 - 5kg/cm²

부대설비 : 보일러급수펌프

급수제어장치

안전변

압력계

증기 헷더

증기 배출기

5.5 통풍설비

압입송풍기의 용량은 계산에 의해 구해진 최대 풍량의 10~20% 여유를 갖추어야 한다. 유인송풍기의 용량은 계산에 의해 구해진 최대 가스량의 15~30%, 최대 풍압의 10~20%의 여유를 갖추어야 한다. 배기가스 덕트는 분진에 의한 폐색이 일어나기 어렵고 점검 및 보수가 용이한 구조로 제작, 설치하여야 한다. 배기가스 덕트는 배기가스 온도에 따라 필요로 할

경우 적절한 보온설비를 갖추어야 한다. 연돌은 STS304 이상의 재질로 시공하고, 높이는 용량에 맞게 제작하며, 풍하중에 견딜 수 있도록 제작되어야 한다. 연돌에는 환경처고시 91-73에 의거한 측정공을 설치하며, 연소가스의 누출을 방지할 수 있는 구조이어야 하고 청소구를 갖추어야 한다. 연돌은 부식방지를 위해 내부식성 재료를 사용해야 한다.

강압송풍기(F.D FAN)

형 식 : 터보 타입

재 질 : SS 400

수 량 : 1 식

부대설비 : 공기량 조절댐퍼 1식

유인송풍기(I.D FAN)

형 식 : 터보 타입(속도조절모타)

재 질 : SS 400

수 량 : 1 식

부대설비 : 공기량 조절댐퍼 1식

덕트 형 식 : 원통형

재 질 : SS 400+내열내식처리

수 량 : 1 식

5.6 유해가스 처리설비

소각로에서 배출이 예상되는 주요 대기오염물질에는 미연분진, 산성가스(SO₂, HCl, NO_x), 미량중금속(Zn, Cd, Cr, Hg, Pb), 불완전연소생성물인 유기독성물질(PCDDs, PCDFs, PCBs) 등이 있다. 대기오염물질의 배출은 연소공기 공급을 및 배가스의 체류시간, 연소실 온도 등의 운전조건을 조정함으로써 최소화할

수 있다. 그러나, 최적온전에도 불구하고 배출되는 오염물질들은 적절한 방지시설을 이용하여 주변환경을 오염시키지 않도록 제어하여야 하며, 이들은 적절한 대기오염 방지장치에 의하여 배출허용 기준 이하로 제어가 가능하다. 소각 시 배출되는 대기오염물질의 제어를 위해서는 각 오염물질의 분포특성과 생성특성을 조사하여야 하며, 각자의 특성에 따라 가장 효과적인 방지시설을 선정해야 한다.

폐기물 내의 탄소성분은 대부분 CO_2 또는 CO 등의 가스상 물질로 배출된다. 황성분은 66%가 가스상의 SO_2 또는 액적의 SO_2 형태인 비산재로서 배출되고, 34%는 바닥재에 황 원소로서 고정화되어 배출된다. 또한 불소성분 중 66%와 염소성분 중 87%가 HF 또는 HCl 의 가스상 또는 비산재에 흡착되어 대기중으로 배출된다. 중금속은 분포특성에 따라 크게 3가지로 분류할 수 있다. 철(Fe)과 구리(Cu)는 끓는점(Boiling Point)이 높으므로 소각로 내에서 대부분 바닥재로 배출된다. 아연(Zn), 납(Pb), 그리고 카드뮴(Cd)은 비교적 끓는점이 낮으므로 소각로 내에서는 상당량이 가스화 하였다가 폐열보일러를 거치면서 응축되어 각각 45%, 37%, 그리고 76%가 플라이애쉬(Fly Ash)로서 배출된다. 그러나, 비교적 휘발성이 큰 수은(Hg)은 응축되지 않고 72%가 가스상태로 배출되는 특성을 가지고 있다.

또한 소각시스템의 운전단계에 따라 독성유기물질인 PCDDs(Poly Chlorinated Dibenzo-p-dioxins, 이하 다이옥신 이라 명함)와 PCDFs

(Poly Chlorinated Dibenzofurans, 이하 퓨란 이라 명함)의 생성특성 보면, 다이옥신의 경우에는 폐기물에 포함되어 있던 양이 연소에 의해서 급격히 감소하나, 열교환기 이후에 250-300 $^{\circ}\text{C}$ 영역을 통과하면서 상당량이 새로 생성되므로 대기오염 방지시설에서 온도의 관리가 철저하게 이루어져야 한다. 그리고 퓨란은 폐기물 자체에 포함되어 있는 양은 적으나, 다이옥신과 마찬가지로 대기오염 방지시설에서 많이 생성되므로 역시 온도의 조절이 필요하다.

다이옥신과 퓨란은 소각로에서 전구물질이 형성된 후 주로 소수성의 비산재 표면에서의 촉매반응에 의해서 형성되므로 대부분이 비산재에 분포한다. 소각시설에서의 다이옥신과 퓨란의 발생량을 최소화 하는 방법은 다음과 같다. 소각온도 850 $^{\circ}\text{C}$ 이상, 연소공기비 1.2 - 1.5, 소각로내 가스의 체류시간을 2초 이상으로 운전하여 전구물질의 생성을 억제하고, 또한 대기오염 방지시설의 운전온도가 250-350 $^{\circ}\text{C}$ 범위가 되지 않도록 하여 다이옥신과 퓨란의 최대생성 온도를 피한다.

오염물질의 분포특성과 형성 메커니즘을 이용하여 각 오염물질에 가장 효과적인 제거방법을 제안 할 수 있다. SO_2 , HCl 등의 산성가스는 수용액에 용해도가 큰 친수성(Hydrophilic)의 특성을 가지고 있으며, 알칼리와 화학적으로 반응하여 비교적 안정한 염(Salts)을 형성하는 특징이 있다 따라서 알칼리 용액을 세정수로 사용하는 습식세정방식에 의해 가장 효과적으로 제거할 수 있다. 중금속(Zn , Pb , Cd)

및 유기성 오염물질은 소수성 (Hydrophobic) 특성을 가지며, 미세한 분진에 분포하여 미세 분진과 함께 거동하는 특징이 있으므로, 플라이애쉬(Fly Ash)의 포집에 의한 제거가 가장 효과적이다.

5.7 준건식 세정기

본 장치는 폐열보일러로 부터 이송된 고온 유해가스를 준건식세정기의 상단에 설치된 압력노즐에서 분무된 반응제와 병류로 접촉하여 오염물질이 반응제와 반응하여 고체상의 무기염을 생성시키는 장치이다. 본 장치는 폐수발생이 없으며, SOx, HCl 등의 산성가스와 다이옥신, 퓨란등의 유기독성물질의 제거효율이 탁월한 특징이 있다.

형 식 : 분무건조식 세정탑

재 질 : STS 304

부대설비 : 2류체 분무노즐

반응제주입펌프

공기압축기

반응제 저장조

반응제 용해 탱크

5.8 여과집진기

본 장치는 준-건식세정기에서 오염물질과 반응제와의 화학반응에 의해서 생성된 고체상의 무기염을 제거하고 소각로에서 발생된 분진을 제거하기 위한 장치로서, 탈진은 펄스젯 방식을 사용한다. 분무냉각탑과 여과집진기를 통과하면서 소각 배가스는 완전히 청정가스가 되

며, 청정가스는 굴뚝을 통해 대기 중으로 확산하게 된다.

형 식 : 펄스 젯 필터

재 질 : BODY : SS 400

FILTER : GLASS FIBER

ORIFICE HEADER : SGP 40A

VENTURY & CAGE :

AL+SS 400

부대설비 : 로타리 밸브

타이머

마노미터

솔레노이드 밸브

6. 결 론

병원폐기물의 안전관리, 국내의 병원폐기물 관리현황과 문제점 그리고 선진국에서 시행되고 있는 효과적인 병원폐기물 관리방법의 조사, 병원폐기물을 위생적으로 관리하기 위하여 적용되고 있는 병원폐기물 소각로에 대하여 검토하여 보았다. 병원폐기물의 효율적 관리 및 처리를 위한 여러가지 방법 중 소각처리가 경제적, 환경위생적, 기술적 측면에서 최선의 방법으로 평가 받는 이유는 폐기물의 감량화에 의한 운반비 및 위탁처리비 절감, 유가의 재활용자원 회수, 폐기물 저장시설 면적의 절감, 폐기물의 안전처리에 의한 국민건강에의 기여 등 여러가지의 장점이 있기 때문이다. 국내의 병원폐기물 특성에 적합한 소각처리 시설의 보급을 위해서는 국내 병원에서 발생하는 폐기물의

물리·화학적 조성 및 연소특성에 대한 기초자료조사가 선행되어야 하며, 이를 토대로 하여 최고의 연소조건 유지와 2차오염 제어시설을 갖춘 독자적인 국내형 소각로를 개발·실용화하는 것이 외국 소각로의 무분별한 수입·설치에 의한 환경설비 시장의 예측화를 방지하는 길이며, 이를 위해서는 산·학·연·관의 유기적인 협조체제 확립이 필수적이다.

- 참고 문헌 -

- (1) 김향원, 중·소형 소각로, 겐지사, 1997.
- (2) 정용 외, 병·의원폐기물의 발생과 그 적정 관리방안에 관한 연구, 연세대학교 환경공해연구소, 1993.
- (3) 구자공, 병원 및 전염성 폐기물의 처리 기술 및 종합적 안전관리 체계의 개발,

한국과학기술원 환경시스템연구실, 1991.

- (4) 박기호, 병원균의 파괴효율, 배가스측정 및 예측치분석에 의한 병원폐기물 소각로 운전의 평가, 한국과학기술원, 1992.
- (5) T. Miyamura, Notice for Medical Waste Treatment and Analytical Data for the Gasification Incinerator, Kotoku Industrial Waste Management Inc., 1992
- (6) US EPA, Handbook: Operation and Maintenance of Hospital Waste Incinerator, EPA/625/6-89/024, January 1990.
- (7) 三好康彦, 小型焼却爐 選定 維持管理, 公害對策技術同友會, 1992