

해상에서의 폐기물 처리 기술

김석준, 심성훈, 길상인, 윤진한(한국기계연구원)

1. 서 론

늘어가는 폐기물의 처리를 매립만으로 더 이상 해결할 수 없으며 재활용 또는 소각에 의한 처리가 필수적임은 누구나 인정하고 있는 사실이다. 그럼에도 불구하고 매립장 입지는 물론 중간처리 시설의 입지조차 극심해져 가는 님비(Nimby) 현상으로 구하기가 점점 더 어려워지고 있다.

폐기물 해상 처리시스템은 주거지역과 격리 설치되며 폐기물의 해상 및 수로운송 등으로 도심이나 주택가를 우회함으로써 주민의 반발을 최소화할 수 있다. 또한 좁은 국토가용면적에 따른 설치부지난의 해소를 기대할 수 있고 관련시설의 집중화로 효율적 운영이 가능하며 교통체증 해소에 기여하는 등 아직은 경제성이 떨어지는 어려움이 있음에도 불구하고 설비 개발 및 이용상의 많은 장점을 가지고 있다.

이에 폐기물 처리에 대한 일반적인 내용과 함께 해상에서의 처리 기술 개발에 대한 개요를 소개함으로써 한국기계연구원에서 수행중인 "폐기물 해상처리 시스템 개발" 과제의 이해를 높이고자 한다.

2. 폐기물 처리 개요

2.1 폐기물의 정의와 종류

폐기물이란 쓰레기, 연소재, 오니, 폐유, 폐산, 폐알칼리, 동물의 사체 등으로서 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 아니하게 된 물질로 폐기물 관리법 제 2조 1항에 정의되어 있다.

폐기물 관련법규도 표 1과 같이 시대에 따라 매우

빠르게 변천하여 왔다. 최근 개정된 바에 따르면 폐기물은 관리할 필요가 있다고 정해진 사업장에서 배출하는 사업장 폐기물과 그 이외의 생활 폐기물로 나누고 다시 사업장 폐기물중에서 유해성이 많다고 인정되는 폐기물을 지정폐기물로, 나머지를 비지정 폐기물로 규정하였다. 생활 폐기물은 가정에서, 사업장 폐기물은 공장이나 대규모 상가에서 나오는 폐기물이라 이해하면 쉽다.

이러한 법적인 분류외에 연소가 가능한지에 따라 가연성과 불연성으로 또는 폐기물의 상태에 따라 고상, 액상, 기상 폐기물로 나누기도 하는데 고상 폐기물이 대부분을 차지한다. 대표적인 액상폐기물에는 폐유, 폐산이나 폐알칼리가 있으며 벤젠이나 톨루엔 등의 유기화합물에서 발생하는 증기는 기상 폐기물로 분류 한다.

〈표 1〉 폐기물 관련법규의 변천

관련법규	시행기간	분류체계내용
오물청소법	'61.12~'86.12	오물(쓰레기)
환경보전법	'77.12~'86.12	산업폐기물
폐기물 관리법	'87. 1~'91. 2	<ul style="list-style-type: none"> □ 일반폐기물 □ 산업폐기물 □ 일반산업폐기물 □ 특정산업폐기물
	'91. 3~'95. 8	<ul style="list-style-type: none"> □ 일반폐기물 □ 특정폐기물
	'95. 8~현재	<ul style="list-style-type: none"> □ 생활폐기물 □ 사업장폐기물-지정폐기물*



2.2 폐기물의 처리

폐기물 관리법에 따르면 폐기물의 처리는 수집 및 운반, 중간처리, 최종처리로 나누어진다. 이러한 폐기물의 처리는 시설, 장비, 기술능력 등의 요건을 갖추고 관할 시도지사로부터 허가를 받은 자만이 할 수 있게 되어 있다. 폐기물의 소각, 중화, 파쇄, 고형화 등의 방법이 중간 처리이며, 더 이상의 처리가 불필요한 매립이나 해역 배출 등이 최종처리에 속한다.

2.3 폐기물 발생 및 처리 현황

우리나라의 폐기물 총발생량은 표 2에서 알 수 있듯이 1991년까지 지속적으로 증가하였으나 생활폐기물 발생량의 감소에 따라 1992년부터는 감소하는 추세를 보이고 있다. 이와같은 생활폐기물 발생량 감소현상은 청정연료의 보급확대 등으로 인해 폐기물 발생의 많은 부분을 차지했던 연탄재의 발생량이 감소하였기 때문이다. 그러나 연탄재를 제외한 다른 생활폐기물은 증가하고 있다. 생활 폐기물의 발생이 계속 감소하여 94년에는 1인당 하루에 약 1.5kg을 배출하고 있으나 선진국의 1kg 이하에 비하여는 아직도 많은 양이다.

한편 생활폐기물과는 대조적으로 사업장폐기물은 꾸준히 증가하는 추세이다. 특히 특정폐기물 발생량은 폐기물관리법 개정에 따라 분류체계가 바뀌었기 때문에 1991년에 급격히 증가함을 보이고 있다.

폐기물의 처리 방법은 크게 매립, 소각, 재활용으로 나눌 수 있는데 그 현황은 표 3과 같다. 1994년의 생활 폐기물을 기준으로 보면 매립이 81.1%로 대부분을 차지하고 있으며 소각이 3.5%, 재활용이 15.4%에 지나지 않는다. 가연성 폐기물에 대하여만 보더라도 겨우 4.8%만이 소각되고 있는 실정이다. 이에 비해 일본의 경우는 약 73%를 소각에 의존하고 있으며 독일

이 약 38% 그리고 넓은 국토로 매립이 용이한 미국도 약 8%를 소각처리하고 있다.

좁은 국토와 님비 현상으로 매립지의 확보가 어려운 실정에서 환경부에서는 폐기물 관리정책의 방향을 감량화, 재활용, 안정적 처리 (소각 및 매립)의 순으로 잡아가고 있다. 이에 따라 2001년에는 1인당 쓰레기 발생량을 1.2kg으로 줄이고 재활용 20%, 소각 30%, 매립 50%로 계획하고 있다.

3. 폐기물의 소각

매립이나 해역 배출 등으로 마무리되는 최종처리에 비하여 폐기물의 중간처리는 처리 후에도 배출물을 다시 최종처리를 하여야 한다. 이러한 중간처리의 방법을 세분하여 보면 파쇄, 퇴비화, 중화, 고형화, 재활용화 등 여러 가지 방법이 있으나 가장 대표적이면서 수요가 크게 예상되고 있는 것이 소각이다.

환경보전에 대한 관심이 높아지고 매립의 한계가 급속히 다가오면서 소각의 필요성이 점차 강하게 인식되는 반면 소각의 조건은 환경 및 에너지 문제로 점점 까다로워져 가고 있다. 폐기물의 감량만을 우선적인 목적으로 삼았던 노천소각이나 단순소각으로부터 대기오염 등 2차오염을 최소화하면서 폐열을 회수하여 이용하는 저공해 소각법으로의 전환이

〈표 2〉 폐기물 발생 현황

(단위: 톤/일)

구 분	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
계	135,666	145,374	158,676	144,535	141,383	147,049	
일 반 폐 기 물	소 계	133,356	142,721	139,955	123,154	118,909	143,347
	계	78,021	83,962	92,246	75,096	62,940	58,118
	가연성	37,817	44,909	52,617	47,211	44,558	42,273
	불연성	40,204	39,053	39,629	27,885	18,382	15,845
	사업장(A)	55,335	58,759	47,709	48,058	55,969	85,229
특정폐기물 (B)	2,310	2,653	18,721	21,381	22,474	3,702	
사업장폐기물 (A+B)	57,645	61,412	66,430	69,439	78,443	88,931	

자료: 환경부, 환경연감, 1990~1995.

〈표 3〉 폐기물 방법별 처리 현황 (단위: 톤/일)

구분	폐기물 종류	소계	매립	소각	재활용	기타
일반 폐기물	소계	143,347 (100%)	76,275 (53.21%)	5,937 (4.14%)	61,135 (42.65%)	
	생활	58,118 (100%)	47,166 (81.10%)	2,025 (3.50%)	8,927 (15.40%)	
	사업장일반	85,229 (100%)	29,109 (34.15%)	3,912 (4.59%)	52,208 (61.26%)	
특정 폐기물	특정	1,351,000 (100%)	106,000 (7.84%)	210,000 (15.55%)	659,000 (48.78%)	376,000 (27.83%)

요구되고 있기 때문이다.

소각의 대상이 되는 폐기물은 그 종류가 다양하며 제각기 다른 연소 특성을 가지고 있어서 완전연소를 이루면서 대기오염을 최소화하는 일은 그다지 쉬운 일이 아니다.

고온연소를 시키면 질소산화물(NOx)의 배출농도가 높아지게 되고 저온연소시에는 불완전 연소에 의한 일산화탄소의 다량 배출이 우려된다. 완전연소를 위하여는 폐기물과 연소가스의 혼합이 활발히 이루어져야 하나 과도한 교란은 먼지의 배출농도를 높게 되는 특성을 갖고있다. 소각로를 소형화하게 되면 경제성은 높아지지만 대기오염 물질의 배출과 강열 감량이 높아지는 경향이 있다.

소각 기술의 어려움은 이와같은 상호제약을 가지는 조건들을 어떻게 잘 조화시키느냐에 있다. 소각로 본체는 물론 폐기물 투입장치, 소각재 배출장치, 공기 공급 장치, 열회수장치, 집진장치, 가스 세정장치 등 부대설비의 선정과 이들의 조화를 이루는 하나의 시스템으로서의 선정이 중요하다.

3.1 소각로의 조건

좋은 소각로는 다음과 같은 여러가지 중요한 조건을 만족하여야 한다.

첫째, 관련 법규를 준수하는 소각로이어야 한다. 폐기물 관리법은 물론 대기환경보전법, 수질환경보전법, 소음진동규제법, 환경영향평가법등 환경관련 법규와 건축, 소방, 노동안전 등 소각로와 관련이 되는 법규를 준수하여야 한다.

둘째, 처리성능이 보장되는 소각로이어야 한다. 배기가스의 허용 배출기준을 만족하면서 대상폐기

물의 계획처리량을 충분히 소화하는 소각로이어야 한다.

셋째, 최소한의 인력으로 운전되는 소각로이어야 한다. 소각로의 운전은 대부분이 기피하는 업종으로 가능한 한 많은 부분을 자동화하여 인력 사용을 최소화하는 것이 좋다.

넷째, 경제성이 높은 소각로이어야 한다. 경제성을 평가하기 위해서는 초기시설비, 감가상각비, 보수유지관리비, 폐열이용에 의한 보상액, 폐기물 처리비 차액 등을 고려하여야 한다.

다섯째, 안전성이 높은 소각로이어야 한다. 연소가 불안정하여 소각로내의 일부공간에 가연성가스가 축적될 수 있으며 이 가스에 의한 폭발의 우려가 있기 때문에 가스의 흐름이 원활한 소각로를 선정하여야 한다.

3.2 소각로의 종류 및 특성

3.2.1 연속 운전성에 의한 분류

폐기물 소각로는 운전이 연속적으로 이루어지는 정도에 따라 크게 연속식 소각로와 회분식 소각로로 구분되며 주요 설비의 기계화 정도에 따른 준연속식 소각로와 기계회회분식 소각로를 추가하여 구분하기도 한다.

일반적으로 연속식 소각로는 화력자식 소각로가 대표적인 것으로 하루 24시간 연속으로 운전되며 처리용량 100톤/일 이상인 도시쓰레기의 소각에 주로 이용되고 있다. 최근 유동층 소각로도 도시쓰레기를 대상으로 하여 연속식 소각로를 채택하고 있다.

회분식 소각로는 폐기물을 일회 투입한 후 시간이 경과하여 소각이 거의 완료되면 재를 처리하고 다시 폐기물을 투입하여 반복 소각하게 된다. 중형 또는 대형화할 경우 화력자 면적이 커지면서 사각지역이 존재하게 되고 연소공기의 효과적인 혼합이 어려워져 연소 상태가 불안정하게 되므로 주로 소형에 사용된다.

3.2.2 연소방식에 따른 분류

1) 화격자 연소식 소각로

연소용 공기나 연소가스의 유동이 가능하도록 노즐 또는 격자형식의 공극을 둔 화격자(fire grate)를 피소각물이 놓여지는 화상(火床)으로 사용하는 것이며 도시폐기물에 대하여 가장 대표적인 소각방식이다.

화격자 형식은 고정화격자(fixed grate)와 이동화격자(moving grate)의 2종으로 대별된다. 소형 소각로는 대부분이 고정화격자를 많이 이용하고 있는데 연소를 촉진하기 위해서는 화격자상의 재를 수시로 수동적으로 제거하여야 한다. 대형로의 경우는 피소각물의 원활한 이송과 혼합은 물론 연소재 제거 작업이 자동적으로 이루어지도록 하기 위해서 이동화격자를 사용하고 있다.

현재까지 개발되어 온 이동화격자의 종류는 매우 많아 분류하기가 쉽지 않으나 그 대표적인 것은 계단식 화격자, 무한케도식 화격자, 원통화격자, 부채꼴 화격자 등이 있으며 그림 1은 계단식 화격자 소

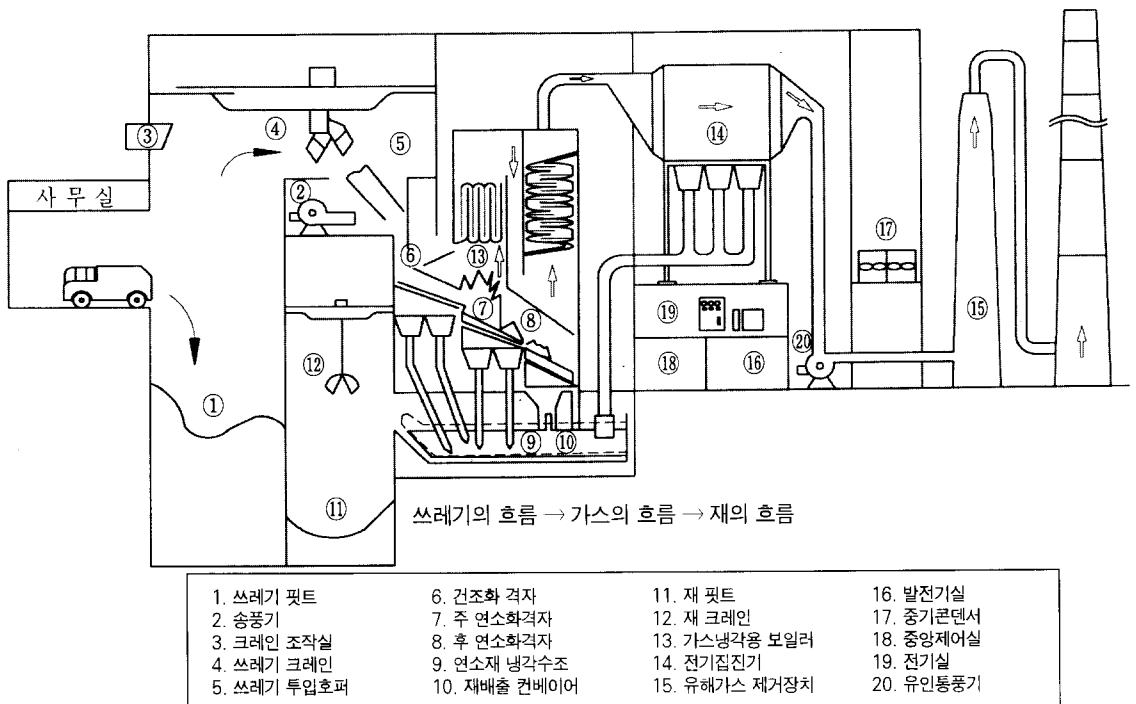
각로를 가진 시스템 전체의 구성을 보여주고 있다.

2) 상 연소식 소각로

공극이 없는 화상위에 피소각물을 적재하고 연소시키는 방식으로 화격자로서는 적재불능한 물질(예: 오니, 입상물 등)이나 열을 받아 용융되면서 착화되는 물질들의 소각에 적합하다. 구조로 보아 고정상식(fixed bed type), 회전상식(rotating bed type), 다단상식(multiple hearth), 회전로식(rotary kiln type) 등으로 나눌 수 있다.

3) 유동층 소각로

그림 2와 같이 로의 바닥으로부터 분산판을 통하여 열풍이나 상온의 공기를 로내로 송입하고 분산판 위에 있는 유동매체를 부유시켜 형성된 유동층에 피소각물을 연속으로 균일하게 투입하여 소각시키는 방식이다. 유동매체는 배기가스의 3배이상 열용량을 가지는 모래등을 사용하며 소각재가 유동매체로서의 역할을 하기도 한다. 유동매체의 열용량이 대



〈그림 1〉 화격자식 소각로

단히 크고 피소각물과 함께 계속적으로 유동상태에 있기 때문에 교반, 반전매체간의 접촉빈도가 높고 열전달계수가 커서 건조속도, 연소효율 등이 뛰어나다.

4) 분무연소식 소각로

액체연료의 분무화 연소와 같은 방법으로 분무화기(Atomizer)에 의해 폐액을 미세한 액적으로 분사하여 소각하는 로이다. 분무된 폐액은 로내에서 복사 및 대류 열전달에 의해 증발가스화가 촉진되면서 공급공기와 반응하여 연소한다. 분무형식에 따라 가압분무, 2유체분무, 회전식분무가 있으며 액체의 연소는 일반적으로 기화한 상태에서 일어나고 분무되는 액체의 입경은 10~300 μ m범위가 일반적이며 액적입경이 작을수록 연소상태는 양호하게 된다.

5) 건류식 소각로

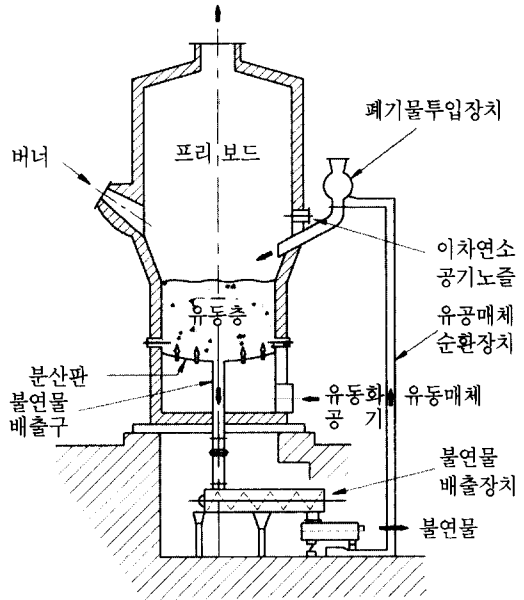
열분해(Thermal decomposition or Pyrolysis)란 산소 결핍 상태에서 가열하여 폐기물내의 유기물질을 분해하는 것이다. 건류(Dry Distillation)는 사실상 고체연료를 열분해하여 휘발분을 증류하고 원래의 연료중에 포함되어 있는 회분의 대부분이 잔류하는, 탄소를 주체로 하는 고체연료를 형성 또는 제조하는 과정을 일컫는 용어로서 열분해와 동일한 의미로 사용되고 있다.

건류는 폐기물이 건조, 열분해, 환원, 그리고 산화하는 일련의 과정을 일컫는 것으로 건조, 건류 및 환원에 필요한 열에너지는 산화과정으로부터 얻는다.

페타이어 등과 같은 고분자폐기물에 대한 건류 소각은 직접 소각에 비하여 분진이나 유해가스발생이 적으므로 2차공해물질의 발생량이 낮고 폐열이용이 보다 용이하다는 장점이 있으나 안전상의 문제 즉 폭발의 위험성이 있고 타르의 생성으로 가스유도관이 폐색될 우려가 있다. 이러한 단점을 보완한 하향 통풍식 건류소각로가 있다.

3.2.3 연소실 형식에 따른 분류

연소실 형식은 그림 3과 같이 대류식, 병류식, 교류식, 복류식 등 네종류가 있다. 대류식은 폐기물의



〈그림 2〉 유동층 소각로

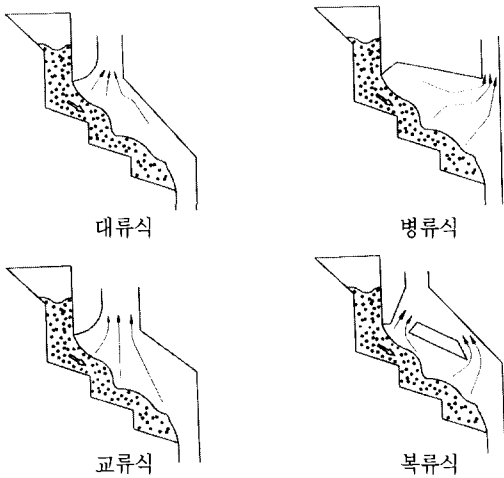
이송방향과 연소가스의 유동방향이 서로 반대인 형식이고, 병류식은 두물질의 흐름방향이 동일한 형식이다. 교류식은 중간류식이라고 하며 대류식과 병류식의 절충형으로서 양방향에서 오는 연소가스의 흐름이 로의 중심부에서 만나는 형식이다. 복류식은 대류식과 병류식을 동시에 사용하는 복수의 흐름 방향이 있는 형식이다.

원칙적으로 수분이 많아서 저위발열량이 낮은 폐기물의 소각에는 대류식, 반대로 수분이 적어서 저위 발열량이 높은 폐기물의 소각에는 병류식, 중간 정도의 발열량을 가진 폐기물의 소각에는 교류식, 폐기물 질이 크게 변동하는 폐기물 소각에는 복류식이 적당하다.

4. 폐기물 해상소각 기술

4.1 종래의 연구

폐기물 해상소각로는 1969년 유럽에서 처음 출현하였으며 미국 연안에서 시험운전에 들어간 것은 1974년이다. 네덜란드의 Matthias Series로 시작된 선박을 이용한 유해 액상 폐기물 해상소각은



〈그림 3〉 연소실 형식

Vulcanus와 Apollo 등으로 이어지면서 1970년대 말부터 1980년대 말까지 EPA(the Environmental Protection Agency), MarAd(the Maritime Administration), USCG(the United States Coast Guard) 그리고 NBS(the National Bureau of Standards) 등의 기관에 의해 해양소각에 대한 경제성 분석과 환경영향 분석이 이루어졌다. 개발초기 선박에 의존하던 해상소각은 1980년대 중반 그림 5와 같은 Platform 형태의 소각로로 발전하면서 액상 및 고상 폐기물을 동시에 처리하는 연구로 이어졌다. 위에서 열거된 기관들은 Benzene, Xylene, Phenol, Toluene 등의 유독성 액상 폐기물을 육지에서 75~100mile 이상 떨어진 해상에서 소각시킬 때 육지에서 대기오염문제는 없는지, 경제성은 있는지, 또한 설치 및 운영상의 기술적 문제가 없는지를 조사하였다. 표 4는 육상 및 해상소각로의 설비특성을 비교한 것이다.

조사 결과 이들 기관에서는 유독성 폐기물의 해상소각은 기술적으로, 환경면에서 그리고 경제적 측면에서 타당성이 있다는 결론을 공통적으로 얻었다. 그럼에도 불구하고 지역주민들

의 님비(Nimby)현상은 해상에서의 유독성 폐기물 처리를 보다 완벽한 시스템을 구성하여야 한다는 요구일 것이다.

4.2 시스템의 구성 및 설계 고려사항

4.2.1 시스템의 구성

폐기물의 해상처리 시스템은 폐기물이 유입되어 자원으로 변하게 되는 그림 4와 같은 종합 재활용화 시스템으로 구성된다면 보다 이상적일 것이다. 즉 육상이나 해상으로 운송되어 온 폐기물은 분류시설을 거쳐 유기성, 가연성, 재활용성 폐기물로 분류된다.

음식물 쓰레기를 포함하는 유기성 폐기물은 퇴비화 시설에서 발효 양생된 후 퇴비로 저장된다. 가연성 폐기물은 소각 또는 열분해시설에서 보일러 및 발전시설을 통해 열과 전기를 생산하고 배기가스는 처리시설을 통해 먼지와 유해가스가 제거된 뒤 배출된다. 소각시설에서 나온 재는 용융 유리화하여 건축자재나 도로포장재 등에 사용되는 고품질로 만든다. 유리병이나 캔, 종이 등의 재활용시설을 설치하여 재사용 또는 재생처리를 하여 재활용품을 생산한다. 종래 육상소각에서 소각시설을 대단위화하거나 열병합 발전과 연계하여야만 이용 가능하던 열이나 전기를 소각시설 자체에는 물론 퇴비화나 재활용 시설에 이용하고 그리고도 남는 여열은 수영장 등의 편의시설에 제공하도록 한다. 이와같이 잘 구성된 폐기물 종합처리 시스템에서는 2차 오염물질의 배

〈표 4〉 육상소각과 해상소각의 비교

설계내용	육상소각		해상소각			
	액주입	Kiln	Vulcanus I	Vulcanus II	Apollo	Vessel
소각대상	액상	고/액상	액상	액상	액상	액상
연소실	고정원통	회전원통	고정원통	고정원통	고정원통	고정원통
후연소	유	유	무	무	무	무
소각로수	가변	가변	2	3	2	가변
소각량 (칼론/시간)	50~1000	50~2000	3300	4950	5500	가변
후처리	집진/세정	집진/세정	무	무	무	해수세정
수처리	적정처리	적정처리	무	무	무	해양폐기
폐열회수	25%	30%	무	무	무	무

출이 최대한 억제되는 반면 퇴비, 건설자재, 재활용품 등의 유용한 자원재를 얻을 수 있게 된다.

4.2.2 폐기물의 운송

폐기물의 해상소각에서는 육상에서와 같은 하역과 야적이 공간상, 환경관리상의 이유로 상당히 어렵다. 과거 Vulcanus 나 Apollo와 같이 먼 해상에 위치하는 선박에서 폐기물 소각이 이루어지는 경우에는 container chemical tanker, barge tanker 또는 pipe line에 의해 폐기물이 이송되었다. 해상소각로에서는 육상에서보다 폐기물의 보관 및 로내 투입의 용이성이 중요시 된다. 즉, 육지내륙으로부터 차량이나 수로를 통해 운반된 폐기물을 그대로 보관하다가 소각로에 바로 투입할 수 있는 방법은 소각로의 성능을 높이는 방법이 된다. 해안에 설치될 해상 처리 시스템에 대하여는 육상 운송과 해상 운송 모두 가능하다.

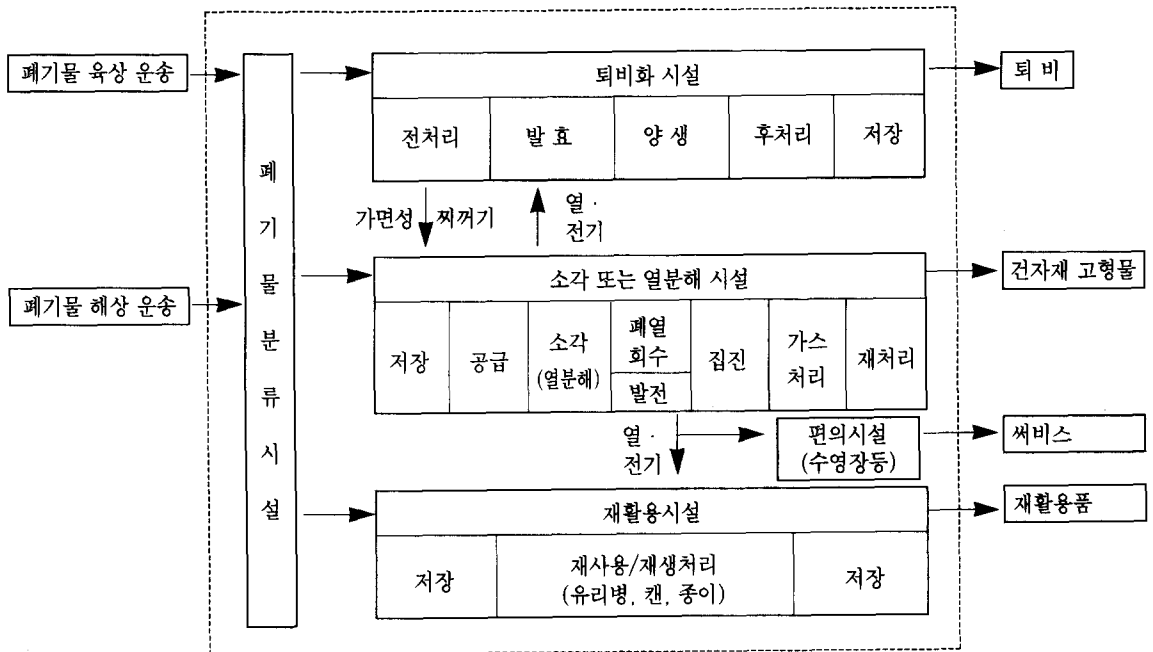
육상운송은 현재의 생활쓰레기 소각시설에 대한 기존의 운송시스템을 그대로 적용하는 것이 가능하다. 또한 대량 운반을 위하여 대형 컨테이너에 옮겨

신고 이를 트럭이나 기차로 운송하는 방법도 있다. 해상운송은 컨테이너 바지선이나 Tank 바지선을 이용하여 육상으로 장거리를 운송하여야 하는 경우를 대체하는 방법이다. 대량운송이 가능하므로 운송경비가 저렴하고 도심을 통과하므로서 생기는 넘비현상이나 교통체증 문제를 벗어날 수 있는 장점이 있다.

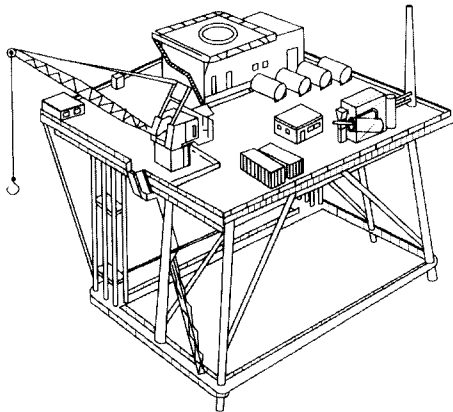
4.2.3. 소각시설의 설계고려사항

1) 폐기물 저장 및 공급

폐기물의 저장은 육상소각과 크게 다를 바가 없으나 컨테이너로 운반할 경우 전술한 바와 같이 소각로 투입구에 직접 연결 설치하여 소각하는 것도 고려할 필요가 있다. 이 때에는 폐기물을 공급하는 크레인이나 호퍼가 필요가 없게 된다. 특히 해상소각의 경우 크레인을 사용하면 진동으로 인해 위치선정 불량, 벽면이나 호퍼와의 충돌 등을 이용하여 폐기물을 호퍼에 공급하는 등의 대책을 강구하여야 할 것이다.



〈그림 4〉 종합시스템 구성도



(그림 5) 해상 Platform 소각 시설

2) 소각로 형식

육상에서는 도시쓰레기를 대상으로 하는 대형소각로는 화격자 형식이 90%이상을 차지하고 있다. 화격자의 형식에는 전진식, 역진식, 회전롤러식 등 여러 가지가 있으나 그림 1과 같이 대부분이 경사를 가지고 있으므로 폐기물의 혼합과 이송이 중력에 의해서도 이루어지게 된다.

해상소각의 경우 조대하거나 잘 구르는 쓰레기는 소각이 제대로 진행되지 않은 상태로 진동에 의해 배출구로 이송되어 버릴 우려가 크다. 따라서 해상소각에는 중력에 의한 이송이 없이 순수하게 화격자의 구동으로만 쓰레기가 이송되는 수평화격자식 소각로가 유리할 것이다.

최근 도시쓰레기 소각을 위해 연소효율이 높고 강열감량이 극히 적으며 소각재의 발생량이 소량이고 재활용이 가능한 등 많은 장점을 지닌 유동층 소각로(그림 2)의 개발이 촉진되고 있다. 파쇄 등의 전처리를 잘 해야 하며 상급의 운전기술이 필요하다는 어려움이 있으나 기계적 가동부가 없고 진동의 영향을 거의 받지 않는다는 점에서 해상소각에 매우 유리하다. 특히 액상폐기물이나 슬러지와의 혼소가 가능하고 산열폐기물의 소각에도 적합하다.

Rotary Kiln식 소각로는 오래전부터 사용되어 온 가장 안정된 형식의 하나로서 혼합이나 건조효과가 대단히 좋고 착화 연소가 쉽게 일어나므로 저발열량

이나 난연성 폐기물의 소각에 유리하다.

3) 소각로의 구조

파도에 의한 진동에 대하여 내구성이 강한 구조이어야 함은 말할 것도 없다. 내화벽돌 및 그의 쌓는방법 또한 해상소각에서 잘 고려되어야 할 사항이다. 벽체는 소각로에서 가장 고온이 되는 부분으로 육상에서도 소각로의 수명을 좌우하는 요소 중의 하나이다. 특히 고온열화 상태에서 진동에 의한 벽면의 와해는 해상소각에서 가장 우려되는 상황이다. 이에 따라 특수한 형태의 벽돌과 쌓기 방법이 개발되어야 할 것으로 예상된다. 소각로와 다른 각 부분의 기초와 연결부분도 해상에서 발생하는 진동을 충분히 고려하여 설계하여야 한다.

4) 공해방지 설비

선상소각에서는 후처리 설비의 생략에 따라 경제적 타당성을 확보하였다. 그러나 현재 계획되고 있는 해안의 해상소각에서는 연소로 뿐만 아니라 후처리 설비의 성능도 매우 중요하다. 소각로는 유독성 물질의 생성억제 및 파괴가 가능하고 체류시간이 확보되는 구조이어야 하며 일단 생성된 배기가스 중의 오염물질을 안정화할 수 있는 후처리 설비가 부착되어야 한다. 대상폐기물에 황과 염소 성분이 함유되어 있는 경우 탈황, 탈질 및 탈염소가 가능한 세정기가 부착되어야 하며 입자상 먼지의 제거를 위해 백필터나 전기집진기와 같은 집진시설이 필요하다. 특히 해수를 이용하는 세정시설은 매우 효과적일 수 있지만 경우에 따라서는 또다른 오염성분을 배출하는 원인이 될 수 있다.

5) 재처리 설비

소각후에 발생하는 재는 오염원이 될 수 있으며 운송이나 처리에 어려움이 많은 물질이다. 현재 발생된 재를 매립 처리하는 육상소각로와는 달리 재를 용융시킨 후 적절한 모양으로 성형시켜 재활용함으로써 환경오염방지 및 자원화에 기여할 수 있다.

이상과 같은 시스템 선정 및 구성에 관한 방법 이외에도 소각로 본체의 설계 및 제작

에 관해 검토해야 할 것들이 있다. 해상에 설치됨에 따라 부식문제에 유의해야 함은 물론 시스템 전체 하중도 중요한 고려의 대상이 된다. 이를 위해 시스템을 Compact하게 설계하고 적정한 재료를 잘 선정하는 것이 매우 중요하다. 특히 해상설치에 따른 재료의 피로파괴, 축로재의 파손등 설계시 예견되는 부분에 대하여는 안전설계가 이루어져야 할 것이다.

5. 결론

해상 소각시스템 개발 연구를 위해서 System interfacing 기술, System 구성 및 안전, Scale up 기술 등의 개발이 현재 진행되고 있으며 우수한 환경공해 방지기술의 기술적 접목을 계획하고 있다.

후처리 설비는 2차 오염을 야기시키는 폐수가 발생하는 설비의 선정은 근원적으로 배제하며 주변 주민들의 신뢰도 회복을 위해 배출허용기준은 엄격히 적용한다. 또한 회출설비는 소각잔재를 용융하여 고형화 하므로써 2차 오염을 방지하고 재활용 자원으로

로 사용하는 방식을 채택하고자 한다.

현재 시스템의 타당성 및 기본구성 방법에 관한 기초연구 및 기술선진국의 사례조사 연구가 진행되고 있으며 이것이 어느정도 완료되면 구성시스템의 세부 설계가 진행될 예정이다.

참고 문헌

- [1] 김정현, 이승무, "폐기물 처리", 동화기술, 1989
- [2] 환경부, "환경연감", 1990~1995
- [3] 김석준, "소각로의 선정방법", 한국폐기물학회, 1996 (출간예정)
- [4] 환경부, "전국 폐기물 발생현황", 1995
- [5] 김석준 외, "폐기물 해상처리 시스템 개발" 1차년도 중간보고서, 한국기계연구원, 1996
- [6] 정국현, "21세기를 향한 새로운 폐기물관리 및 처리기술" 제 23회 세계 환경의 날 기념 세미나, 국립환경연구원, 1995



김 석 준

- 1954년 4월 4일생
- 1993년 8월 한국과학기술원 기계공학 박사
- 1980년 3월~현재 한국기계연구원 열유체시스템 연구부 책임연구원
- 관심분야: 저공해 소각 및 탈황탈질 기술개발



심 성 훈

- 1957년 10월 24일생
- 1988년 2월 한국과학기술원 기계공학 석사
- 1988년 3월~현재 한국기계연구원 열유체시스템 연구부 선임연구원
- 관심분야: 폐기물 가스화 및 화염에서의 연소진단 기술



길 상 인

- 1962년 1월 31일생
- 1981년 8월 한국과학기술원 기계공학박사
- 1991년 11월~현재 한국기계연구원 열유체시스템 연구부 선임연구원
- 관심분야: 산업용 버너 및 도시폐기물 저공해 소각기술



윤 진 한

- 1968년 9월 1일생
- 1996년 2월 충남대학교 기계공학 석사
- 1996년 3월~현재 한국기계연구원 열유체시스템 연구부 연구원
- 관심분야: 초고온연소 및 액체미립화 기술