

폐기물 소각처리 시스템의 기술동향



최 갑 석

(기계시스템연구부,
에너지·환경제어실장)

- '64-'72 한양대학교 기계공학과(학사)
- '81-'87 충남대학교 기계공학과(박사)
- '72-'74 인천제철(주) 사원
- '74-'76 한국과학기술연구소, 기계 기관연구실, 연구원
- '76-현재 한국기계연구원, 에너지·환경제어실장



최 연 석

(기계시스템연구부,
에너지·환경제어실)

- '77-'84 부산대학교 화학기계과(학사)
- '84-'85 현대정공(주)
- '86-현재 한국기계연구원 에너지·환경제어실



김 한 석

(기계시스템연구부,
에너지·환경제어실)

- '80-'84 한양대학교 기계공학과(학사)
- '85-'85 대우자동차 설계부 사원
- '86-'88 한국과학기술원 기계공학과(석사)
- '88-현재 한국기계연구원 에너지·환경 제어실

1. 서 언

현대사회의 고도 경제성장이나 인류의 물질적 번영은 과학기술의 눈부신 발전이 갖어다준 결과이지만 이와 같은 변화를 가져오는 과정에서 폐기물의 필연적인 발생은 지구상의 심각한 환경오염을 불러일으키고 있다.

CFC 물질과 Halon가스에 의한 오존층 파괴, 이산화탄소가 주 원인이된 지구온난화현상, 아황산가스나 이산화질소의 대기방출에 의한 산성우 현상은 과학기술의 발전에 비례하여 심각성을 더해가고 있으며 이러한 환경문제의 해결을 위한 국제협력이나 환경오염규제는 더욱 엄격해가고 있고, 한편으로는 환경기술이 고도화되면서 국제적인 기술경쟁, 무역경쟁등의 양상이 두드러지고 있다.

국가환경선언으로 환경문제에 범국가적으로 대처해 나가고 있는 국내상황에서 일상 생활에 영향을 미치고 있는 폐기물은 경제성장에 따른 대량소비화, 상품의 수명단축, 인구의 증가에 따라 해마다 증가 추세에 있을 뿐만아니라 폐기물의 질이 다양화되고 있어 처리방법이 점점 어려워지고 있다. 일반적으로 폐기물 처리기술은 매립 처분과 감량처리후 매립의 두 방법이 대표적이며 앞으로 감량화, 무공해화, 안정화등의 처리를 한 후 매립처분하는 방법과 폐기물은 자원이라는 등식으로 재이용의 방법채택이 바람직하게 제기되고 있다.

국내에서는 독일, 일본등으로부터 선진기술도입에 의한 소각처리장치를 대도시 위주로 설치, 운영하는 초기단계에 있으나 92년까지 대도시의 폐기물 소각을 위한 외국기술 사용료는 8억불을

초과하고 폐기물 소각처리 건설계획이 계속 추진되고 있어 환경문제에 적극적인 대처를 하고 있다.

본고에서는 폐기물 소각처리를 위한 설비를 구성장치 중심으로 기술을 소개하여 국내 폐기물 처리관련 기술개발의 연구분야에 도움을 주고자 한다.

2. 폐기물 소각처리 시스템의 구성

우리나라와 같이 국토면적이 좁고 에너지 부존자원이 작은 상황에서는 도시 생활폐기물이나 산업폐기물을 감량화시켜 매립용부지의 면적을 최소화하고 또 폐열을 회수하여 이용할 수 있는 소각처리 방식이 가장 효과적이다.

폐기물 소각처리 시스템은 폐기물의 종류에 따라, 처리기술에 따라 여러가지 형식이 있으나 일반적이고 기본적인 구성은 그림 1과 같다.

폐기물은 수집·운반과정을 거쳐 분리하고 재활용이 불가능한 것을 소각처리하게 된다. 1차 Bunker에 저장되어 Hopper를 통해 연소실로 투입되며 소각되면서 열과 연소가스가 발생케 되는데 이 과정에서 연소열을 회수하여 이용하고, 연소가스는 분진과 유해가스(HCl, SOx, NOx, CO등)를 함유하고 있기 때문에 이것을 처리하기 위한 집진설비, 배연가스(Flue Gas) 세정 장치가 있으며, 가열을 통해 흰색연기를 제어하는 백연 방지장치가 설치된다. 또한 세정폐수와 폐기물 침출수, 보일러폐수, 세차폐수등을 처리하기 위한 폐수처리

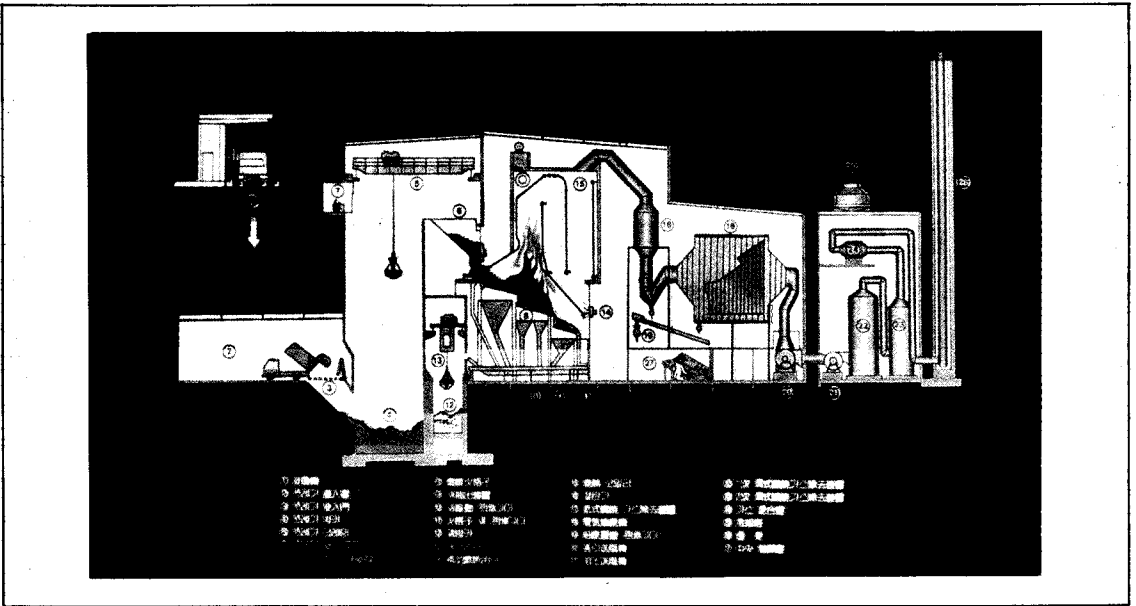


그림 1. 쓰레기 소각설비 시스템 개요도

표 1. 우리나라 폐기물 발생현황

(단위 : 톤)

년도	산업 폐 기 물			일반폐기물	합 계
	특정산업폐기물	일반산업폐기물	소 계		
1986	568,763	12,959,935	13,528,698	22,291,280	35,819,978
1987	549,271	14,162,660	14,711,932	24,466,315	39,178,247
1988	734,703	17,964,204	18,698,998	26,607,405	45,306,403
1989	843,166	20,197,350	21,040,517	28,477,665	49,518,182
1990	968,175	21,447,197	22,415,272	30,646,130	53,061,402

장치, 소각재의 위생매립을 위한 고형화 설비등이 필요하다.

표 1에는 1986년부터 1990년까지 우리나라의 폐기물 발생량을 제시한다. 이는 폐기물 처리의 심각함을 알 수 있으며 날로 증가하는 폐기물의 처리를 위해 최근 계획되고 추진되고 있는 폐기물 소각장 건설현황은 표 2에 나타낸다.

폐기물 소각처리 시스템은 그림 1에서 보는 바와같이 기본적인 요소로 구성되며 각 요소들마다 특성과 성능이 고도의 기술개발로 나타나며 중요요소들 중심으로 기술소개를 다루기로 한다.

3. 소각처리 시스템의 요소기술

3-1 소각로 기술

폐기물을 소각하는 즉 공해처리의 연소로로 폐기물의 성상, 종류에 따라 소각로는 여러가지로 구분된다. 화격자식, 고정상식, 회전로식, 다단로식, 유동상식, 분무연소식과 같이 소각형식에 의한 분류방법이 많이 통용되고 있으며 일반적으로 소각처리시 가연성폐기물을 고온산화시켜서 80~90%이상으로 감량시킬 수 있다. 폐기물 소각에는 충분한 온도와 연소시간, 혼합의 세인자가 작용하여 소각성능에 영향을 미치며 소각로내의 연

소는 연소실의 형상, 공기의 송입방법이나 혼합 상태, 연소대상물의 성상등에 따라서 크게 영향을 받고 특히 고형상폐기물의 소각형식으로 많이 사용되고 있는 화격자연소, 상연소방식등은 이론적인 설계수준이 높아졌다.

유럽의 대표적인 소각로 제작업체는 Von Roll (스위스), Brunn & Sorenson(덴마크), Volund(덴마크), VKW(독일), Martin(독일)등이 있으며, 현재 소각로 기술의 Source 역할을 해오고 있다. 유럽 소각로 보급현황에서 특이할 만한 사항은 소각로 건설이 경제적인장이나 폐열회수에 의한 이용등 에너지절감 차원보다는 공해의 절대적 처리라는 공익우선에 의한 것이다. 유럽소각로에서 중요시되고 있는 것은 화격자의 재질과 작동방법으로 재질은 고크롬강이나 크롬·니켈합금강을 사용하여 화격자의 수명을 길게하여 연간 보수비를 작게하고, 폐기물을 지지하고 앞으로 보내면서 혼합시키며, 연소공기를 균일하게 배포하는 화격자의 기본역할을 담당하게 하기 위하여 각각 다양한 형식을 취하고 있다.

Von Roll사가 고전적인 화격자 형식인데 반하여 Martin사는 역송식화격자, VKW사는 Rolles grate, Brunn & Sorenson사는 엔지니어링 회사로 중·소규모 소각시스템 전용의 화격자시스템을 택하고 있다.

표 2. 우리나라 소각설비 건설 추진(계획) 현황

구 분	사업지역	사업기간	시설용량 (TON/D)	공사금액 (백만원)	소각방식	시공회사	외국제휴회사
기설치	의정부	'83-'84	25×2기	1,700	화격자식	롯데기공(주)	일본 kubota
	목 동	'84-'86	150×1기	5,300	〃	(주) 대우	일Hitachi조선
	대 구	'90-'92	200×1기	12,800	〃	〃	〃
	성 남	'90-'92	100×1기	8,800	유동상식	쌍용건설(주)	일Mitsui조선
	대 전	'89-'92	100×1기	6,000	회전로식	럭키개발(주)	〃
공사중	목 동	'92-'94	200×2기	25,893	화격자식	선경건설(주)	벨기에 Seghers
	노 원	'92-'94	400×4기	55,363	〃	현대중(주)	Deutch Babcock Analagen
	평 촌	'91-'94	200×1기	12,283	〃	동부건설(주)	Stein Milles
	중 동	'91-'94	200×1기	26,000	〃	(주) 대우	Hitachi조선
	일 산	'91-'94	300×2기	17,360	〃	삼성중(주)	Mitsubishi

미국의 소각로 기술은 80년대 후반부터 새로운 기술개발을 위한 DOE의 지원자금에 힘입어 RDF (Refuse Derived Fuel)와 SMI(Small Modulus Incinerator) 개발연구가 행해지고 있으나 광대한 대륙의 매립지 확보용이등의 특성으로 유럽의 소각로 기술에 못미치고 있는 실정이다.

한편 일본의 소각로기술은 유럽기술도입과 자체기술 개발의 두 형식을 취하고 있으며 기술도입은 미스비시중공업(Martin), 히다찌조선(Von Roll), 니혼기칸(Volund), 산기엔지니어링(Widmer & Erust, VKW)이며 자체기술개발 회사는 가와사끼, 다후마, 구보타 철공소등이 있다. 특히 FBC (Fluidized Bed Combustion) 방식은 일본에서 가장 활발히 연구되고 있으며 실용스케일의 공장도 상당수 가동되고 있다.

소각로에서는 기본적으로 폐기물 소각에 의한 유해가스 생성등으로 보통 연소온도를 800~1000℃를 유지하고 grate로부터 2차공기 공급과 cutter의 작동에 의한 크러커 방지기술, 국부연소현상 억제에 의한 내화재의 손상방지, 로내압을 부압으로 유지하여 착화연소가 시작될때 까지 부착수분의 증발건조를 촉진시키는 방법등의 기술이 이용되고 있다.

3-2 세정처리 기술

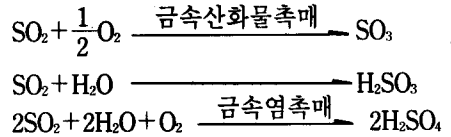
폐기물이 연소로에서 소각되어 배출되는 물질은 배연가스(Flue gas), 폐수, 소각재(Ash)로 나누어지며 이 중에서 배연가스는 입자상과 가스상의 물질을 포함하고 있다. 입자상의 물질은 소각로의 형식과 연소용 공기유입량에 따라 그 발생량이 영향을 받는데 연소공기량의 영향이 더 지배적이다. 가스상 물질은 SOx, NOx, CO, H2S 및 Halogen화합물 등으로 특히 염소계 고분자 화합물을 소각할 때는 HCl가스가 다량 발생케되며 또 COCl2와 Cl2, Dioxin등이 발생한다. 폐기물중의 황성분은 약 500℃이상에서 산소공급이 충분하면 대부분 SOx로 전환되고 온도와 산소가 불충분하면 H2S가 발생되고 CO는 탄소가 불완전연소할때 발생하므로 산소의 확산속도가 커지면 발생량이 줄게된다. NOx는 연료중의 유기화합물로 존재하고 있는

질소가 연소과정에서 산소와 결합하면서 생성되는 Fuel NOx와 대기중에 질소와 산소가 3.75 : 1정도의 비로 높은 온도 분위기에서 반응하면서 생성되는 Thermal NOx가 있는데 fuel NOx는 연료당량비에 영향을 받고 Thermal NOx는 온도에 주로 영향을 받는다.

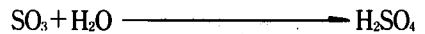
탄화수소계가스는 연소성가스와 산소접촉이 불충분할때 발생되며 Olefin계열은 Smog생성과 관계가 깊지만 일반적으로 폐기물 소각시 탄화수소계는 저농도이다.

3-2-1 SOx의 특성 및 처리기술

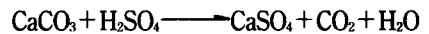
황산화물중에서 관심을 갖어야 할 것은 화석 연료의 연소시 대량발생하는 이산화황(SO2)와 소량의 삼산화황(SO3)이다. SO2는 대기중에서 비교적 안정하지만 다른화합물과 광화학적 또는 촉매작용에 의해 SO3, 아황산, 황산액적등을 생성한다.



SO3는 물과 반응하여 황산액적을 생성한다.



SO2는 0.15ppm이상이면 인체의 심장과 호흡기에 영향을 미치며 500ppm 정도이면 위험을 줄 수 있고 또 황산액적은 대리석, 석회석, 몰탈, 스프레트지붕과 같이 탄산염을 포함하는 건축재료를 손상시키는데 그 반응식은 다음과 같다.



이 반응에서 석고(CaSO4)가 썩어나가면 탈색된 표면이 남는다. SO2 제거공정은 약품 재생여부에 따라 일회식과 재생식으로 나누고 약품의 용액 상태 여부에 따라 습식과 건식으로 나누어진다. 제거공정 시스템은 흡수(Absorption), 흡착(Adsorption) 혹은 촉매(Catalyst) 공정등이 있다.

SO₂는 산성기체이므로 세정공정은 주로 알칼리 수용액 혹은 알칼리성 슬러리를 사용하고 일회식은 칼슘의 폐기슬러지형태로 황을 제거함으로 알칼리를 계속 공급하여야 하지만 재생식은 공정의 생성물이 일반적으로 황이나 황산이며 알칼리 용액은 재순환하게 된다.

지금까지 개발된 습식공정은 다음과 같다.

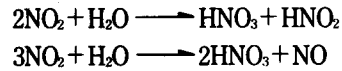
- 1) Lime or Limestone Slurry Scrubber;
Lime(CaO) Limestone(CaCO₃)이 함유된 Calcium sulfite & Calcium sulfate slurry속을 배연가스가 통과하면서 SO₂가 반응하게 하는 방법
- 2) Magnesium sulfate-Limestone Slurry Scurbber;
상기 1)의 불용성 Calcium Sulfite나 Sulfate대신에 용해성의 MgSO₃를 사용함으로써 고품 폐기물을 처리할 필요가 없도록 개선한 방법이며 MgSO₃는 재생할 수 있음.
- 3) Magnesium Oxide Scrubber;
폐기물이 되는 Lime이나 Limestone대신에 재생식의 MgO를 사용하는데 Mg(OH)₂ 슬러리를 만들어 SO₂를 흡수하고 슬러리에 흡수된 SO₂는 Magnesium sulfite나 sulfate가 되며 이 고형물을 Calcination하여 MgO를 재생함.
- 4) Alkali Absorption Scrubber;
흡수제로 Na나 NH₃를 사용하며 이들의 수용액(NaOH, Na₂SO₃, NH₄OH)은 SO₂를 잘 흡수하고 폐기슬러리 세정의 문제가 생기지 않고 또 새로운 알칼리인 Lime을 이중으로 추가하여 NaOH용액을 재생함.

건식공정은 습식에서와 같이 SO₂는 적절한 흡수용액과 접촉시켜 제거하지만 Scrubber를 통하여 나오는 처리물이 건조상태가 되도록 용액의 분사, 흡수, 배출가스 현열에 의한 증발의 과정을 거치도록 한 것으로 장치가 작고 운영비가 적게드는 장점이 있다. 한편 건조한 Lime을 유동층으로 만들어 SO₂와 반응시키는 유동상 건식세정법도 연구가 되고 있다.

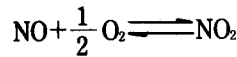
3-2-2 NOx의 특성 및 처리기술

질소산화물중에서 대기오염에 영향을 미치는 것은 일산화질소(NO)와 이산화질소(NO₂)인데 NO₂

는 물에 잘 녹아서 산성비의 주요인이 되는 질산을 생성하고 또 아질산이나 일산화 질소를 생성한다.



NO는 쉽게 산화되며 NO₂ 생성의 모체가 되며 광화학 Smog 생성의 활성화합물(Activated Complex)이다.



NOx는 자연계에서 일어나는 질소순환의 주요 부분으로서 이순환 과정에서 생성되는 NOx의 양은 인공적으로 생성되는 양보다 훨씬 많으나 전체 평균농도는 매우 낮는데, 대도시의 경우는 국부적으로 농도가 매우 높아져서 Smog와 같은 대기오염 문제가 발생된다.

질소순환 과정에서 NOx는 질산염의 형태로 빗물에 함유되고, 침강하여 유기물의 성장을 위한 비료역할을 한다.

NO는 대기중 농도가 매우 낮아서 인체에 별로 영향이 없지만 NO₂는 15ppm에서 눈, 코에 자극을 주며 25ppm에서 1시간 정도 호흡기에 지장을 초래한다.

연소에서는 NO가 다량발생하며 배출후 대기중에서 냉각되면서 산소와 반응하여 NO₂가 생성된다. NOx문제의 해결은 먼저 NOx 발생을 억제하는 것이 중요하고 발생한 NOx는 제거하는 방법을 택하여야 한다.

NOx의 생성과 관계된 인자는 공기·연료비, 연소공기온도, 연소영역에서의 냉각정도, 연소로의 형태가 있으며 NOx 제거방법은 상기인자를 고려하여 제안되었다.

1) 연소가스의 재순환

NOx는 고온이나 높은 산소농도 분위기에서 생성되는데 냉각된 연소가스의 일부를 다시 연소영역으로 분사하면 Heat sink로 작용하여 전체 연소온도가 낮아지며, 또 산소의 농도도 저하되어 NOx의 발생이 저하됨.

2) 2단연소

1단에서 당량비의 110~130% 정도의 과잉연료

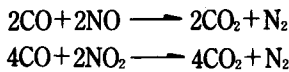
를 투입하면 불완전 연소와 복사에 의한 열 전달의 증가로 인하여 가스온도가 억제되며 또 산소가 부족하여 NO의 생성이 억제된다.

2단에서는 1단에서 남은 CO와 탄화수소를 완전연소시키기 위하여 2차공기를 주입하는데 이때는 기체의 온도가 낮아 NO 생성이 제한된다.

연소제어로 NOx 배출을 요구수준까지 감소시키지 못할 경우에는 후처리를 하게되는데 촉매 분해(Decomposition), 촉매환원(Reduction), 흡수(Absorption), 흡착(Adsorption)등의 방법이 이용되고 있다.

1) 선택적 환원(SCR)

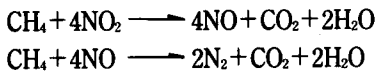
H₂, CO, NH₃, H₂S등의 반응기체와 적절한 촉매를 사용하여 NOx를 환원시키는 방법이다.



암모니아(NH₃) 주입방법은 SO₂와 NOx를 동시에 제거하는 효과가 있다.

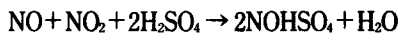
2) 비선택적 환원

반응물을 충분히 공급하여 산소가 상대적으로 감소되어 NOx를 N₂로 환원시키는 방법으로 메탄의 경우는 다음과 같다.



3) 흡수법

물, 수산화물, 알칼리성, 탄산염용액, 황산, 유기용액등으로 NOx를 흡수시키는 것으로써 NaOH, Mg(OH)₂등의 알칼리용액법은 화력발전소의 탈황에 이용되며 황산에 의한 흡수법도 이미 알려진 방법이다.



이때 니트로실 황산과 수분이 생성되는데 수분은 역반응을 진행시킴으로 100℃이상에서 운전하여야 한다.

이외에 활성탄(Activated Carbon) 흡착법등이

있는데 연소공정에서 제어로 연소가스의 NOx 배출제어하는 것이 바람직하다.

3-2-3 염화수소(HCl)의 특징 및 처리기술

F, Cl, Br등의 할로겐 화합물중에서 폐기물 소각과 관계되는 것은 Cl화합물인데 대표적인 HCl은 PVC, Vinyliden Chloride등과 같은 염소계 고분자 물질을 연소시킬 때 발생하며 부식성이 강하여 대부분의 금속을 침식시키며 인체에도 매우 유독하다.

각종 생활 쓰레기속에는 상당량의 염소계 고분자 폐기물이 포함되어 있으므로 화력발전소, 내연기관등의 연소과정과는 달리 폐기물소각 배출가스에는 HCl성분이 다량포함되어 있어서 이를 별도로 처리하는 시설이 필요하다.

HCl제거 방법은 물이나 NaOH수용액과 같은 알칼리 용액에 HCl가스를 흡수시켜 용출처리하는 습식법과 용출물을 고체화한 후 제거하는 반습식법, Ca(OH)₂와 같은 알칼리 분말시약과 직접 접촉반응시켜 제거하는 건식법이 있다. 그러나 앞에서 언급한 SO₂, SO₃와 Cl₂, HCl은 모두 수용성 기체로서 그용액은 강산성의 성질이기 때문에 동일한 설비로 동시에 처리할 수 있다. 일반적으로 탈황설비가 탈염의 기능을 겸하고 있으며 이상치들의 특성 및 장단점은 표 3과 같다.

3-2-4 기타 배출가스

배연가스중에는 산소의 확산 불충분으로 생기는 CO가 있는데 혈액속의 헤모그로빈은 CO와의 친화성이 산소보다 200배 이상이어서 다량흡수시 산소공급이 차단 되어 생명을 잃게된다. CO는 탄소성분이 완전연소가 되도록 연소조건을 만들어 줌으로써 생성량을 감소시킬 수 있다.

또 배연가스중에는 고염계의 주성분으로 알려진 Dioxin이 소량배출되는데 EC에서는 Dioxin의 배출규정을 권고할 예정이며 또 독일 LURGI회사에서는 Circulating Fluidized Bed System과 같은 전문설비를 개발하고 최근에는 BASF사에서 Hagenmaier라는 Dioxin과피 촉매를 개발한 보고가 있다.

그외에 배출가스중에 유해한 금속성분으로 Pb, Ni, Cd, Hg등이 소량 포함될 수도 있다.

표 3. 각 흡수장치의 장단점 일람표

명칭	특성	장점	단점
층전탑	가스걸보기속도 0.3~1m/s 액가스비 1~10ℓ/m ³ 탑고 2~5m 압력손실 50mmA _q / 탑고(m) 액량은 탑단면당 15~20t/m ² ·h	1. 급수가 적당하면 효과는 거의 확실하다. 2. 가스량 변동에도 비교적 용성이 있다. 3. 압력손실이 그다지 크지 않다. 4. 내식성재료로 제작하므로 간단하다.	1. 가스유속이 너무 크면 flooding 상태로 되어 조작불능이다. 2. 흡수액에 고형분(固形分)을 함유하는 경우, 흡수에 의한 침전물이 생기는 경우는 방해할 일으킨다. 3. 충전물이 예상외로 고가이다.
스프레이탑	가스 걸보기속도 0.2~1.0m/S 액가스비 0.1~12ℓ/m ³ 압력손실 2~20mmA _q	1. 구조가 간단하다. 2. 충전탑보다 싸다. 3. 압력손실이 작다. 4. 침전물을 발생시키는 흡수에 적당하다. 또한 가스의 분진제거에도 적합하다.	1. 스프레이동력이 크다. 2. 스프레이에 방해가 일어나기 쉽다. 3. 편류가 일어나기 쉽고, 분무액과 가스를 균일하게 접촉시키는 것이 어렵다. 4. 효과가 불확실하다. 5. 액의 비말가스에 동반되어 없어질 수도 있다.
사이클론스크러버	입구가스속도 15~35m/S 가스걸보기속도 1~2m/S 액가스비 0.5ℓ/m ³ 압력손실 50~300mmA _q	1. 대용량의 가스가 처리된다. 2. 비말 동반량이 적다. 3. 비교적 구조가 간단하다. 4. 이용성의 가스에는 효과가 있다.	1. 사이클론경을 크게 하면 효율이 저하한다. 2. 분무노즐에 막힐 우려가 있다. 3. 높은 수압이 필요하다.
벤츄리스크러버	스토틀부 가스속도 30~80m/S 액가스비 0.3~1.5ℓ/m ³ 압력손실 20~800mmA _q	1. 소형으로 대용량의 가스처리가 된다. 2. 흡수효율은 최량으로 거의 평형상태에까지 달한다. 3. 흡수저항이 가느다 배로 보아지는 가스에 적당하다.	1. 가스 압력손실이 크므로 동력비가 소요된다. 2. 비말 동반이 격심하다.
제트스크러버	입구가스유속 10~20m/S 스토틀부 가스유속 20~50m/S 액가스비 10~100ℓ/m ³ 압력손실 20~200mmA _q	1. 가스저항이 적다. 2. 수압으로 가스를 자기 흡인할 수 있고, 송풍기의 사용 불가능한 공정에 최적이다. 3. 흡인효율은 크다.	1. 수량이 많아 동력비가 소요된다. 2. 가스량이 많을 때는 불리하다.
단탑	가스걸보기속도 0.3~1.0m/S 단간격 40cm 액가스비 0.3~5ℓ/m ³	1. 비교적 소량의 액량으로 조작된다. 2. 단수를 증가시키면 진한 가스라도 1기로 처리된다.	1. 가스량 변동이 격심한 경우는 조절할 수 없다. 2. 구조가 복잡하고 대형이므로 고가이다.

3-3 폐열회수이용 기술

폐기물 소각으로 발생하는 열을, 에너지 재이용을 위해, 회수하여 증기나 온수로 열교환한 후 발전 냉난방이나 급탕 온수난방에 이용하는 기술로 석유쇼크이후 일반적으로 인식된 내용이다. 도시폐기물의 경우도 저위발열량은 700kcal/kg이상이 되기 때문에 소각로 용량 100TON/D에 적용하면 7×10^7 kcal/D에 이르고 있다. 발전이나 난방의 경우 화력발전 시스템에서와 같이 소각열을 이용하여 보일러를 가동시키고 여기서 발생하는 증기나 온수로 터빈을 구동시켜 발전을 한다던지 난방을 하게 한다.

여기서 전제되는 사항은

- 1) System 전체의 Heat Balance
- 2) 열회수 한계

로 1)항은 최종에너지 수요와 폐기물 소각에 의한 발생량과의 열수지 관계가 운전조건을 고려하여 성립되게 하여야 하고 2)항은 저온부식에 의한 재료내구성의 한계로 증기 및 수벽부위의 표면 온도가 황용축점 이상을 유지하여야 하며 배기가스 연도에 과열기, 절단기, 공기에열기등을 설치할 경우 배기가스 온도를 낮추면 공기에열 온도를 올려야 됴므로 열낙차가 급격히 줄어들어 전열면적의 증가를 가져와 문제가 된다.

폐열회수 이용은 보일러, 터빈, 응축기나 열교환기등이 시스템으로 이루어져 시스템해석과 폐기물 소각에 의한 발열량의 변동이 있을 때 대응하는 방법이 필요하다. 가능한 많은 열을 회수하여 유용한 이용방법에 대한 기술로 열병합 발전과 폐기물 소각처리장을 서울 목동에서와 같이 병행 설치하여 운영하는 방법이 바람직하게 평가받고 있다.

3-4 집진처리 기술

폐기물의 함유성분은 다양하고 동시에 비정상적인 소각처리를 하기 때문에 분진의 형태가 다양하다. 소각로에서 주로 사용하는 집진처리 기술은 집진을 유체역학적으로 처리하는 사이크론 방식과 전하를 이용한 전기집진 방식이 있다. 사

이크론 집진장치는 기계식이기 때문에 입자가 미세한 경우에는 집진이 어려운 단점이 있어 전기집진 장치의 선택이 증대되고 있다. 전기집진 장치는 건식과 습식이 있으며 동일한 원리에 포집된 분진을 물로 처리하는 방법이 습식방법이다.

고성능 집진을 위한 연구개발 내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 광전극간격 전기집진 장치

종래의 전기집진 장치는 집진전극 사이의 간극이 250mm정도이지만, 500~1000mm의 넓은 간격으로 한 것으로 집진 극판상의 전극밀도가 적고 역전리 현상이 적으며, 이온류를 유효히 이용하기 때문에 집진효율이 높으며 특히 세라믹 분진과 같은 고저항분진에 유효하다.

2) 전계 스크린 형 집진장치

부유하는 분진을 대전시키는 대전부와 포집하는 집진부로 나눌수 있는 것이 특징이다. 대전부에는 종래형을 이용하지만, 집진부는 전계스크린 형식을 취하고 전계의 흐름과 가스흐름의 방향을 일치시켜 분진을 포켓부에 포집하는 방법으로 집진효율이 높다.

3) 반습식형 전기집진 장치

건식전기집진 장치는 역전류, 재비산현상에 의하여 집진성능이 저하되고, 습식전기집진 장치는 그러한 장애는 없지만 스러리처리, 전극의 부식 문제가 있다. 반습식형 전기집진 장치는 건식과 습식전기 집진 장치를 조합하여 장점을 택하여 결점을 보완한 것이다. 즉 건식 집진부에서 80~90% 정도 집진을 하고 남은 분진을 습식 집진부에서 처리하는 방법으로 스러리량도 적고 집진성능도 비교적 안정하다.

그림2에는 분진의 입경에 따른 적정 집진장치 선택을 위해 제시한 것이다.

3-5 폐수처리

소각 Plant에서 나오는 폐수의 양은 고품폐기물 1kg당 0.4kg정도로 배연가스 세정폐수가 대부분을

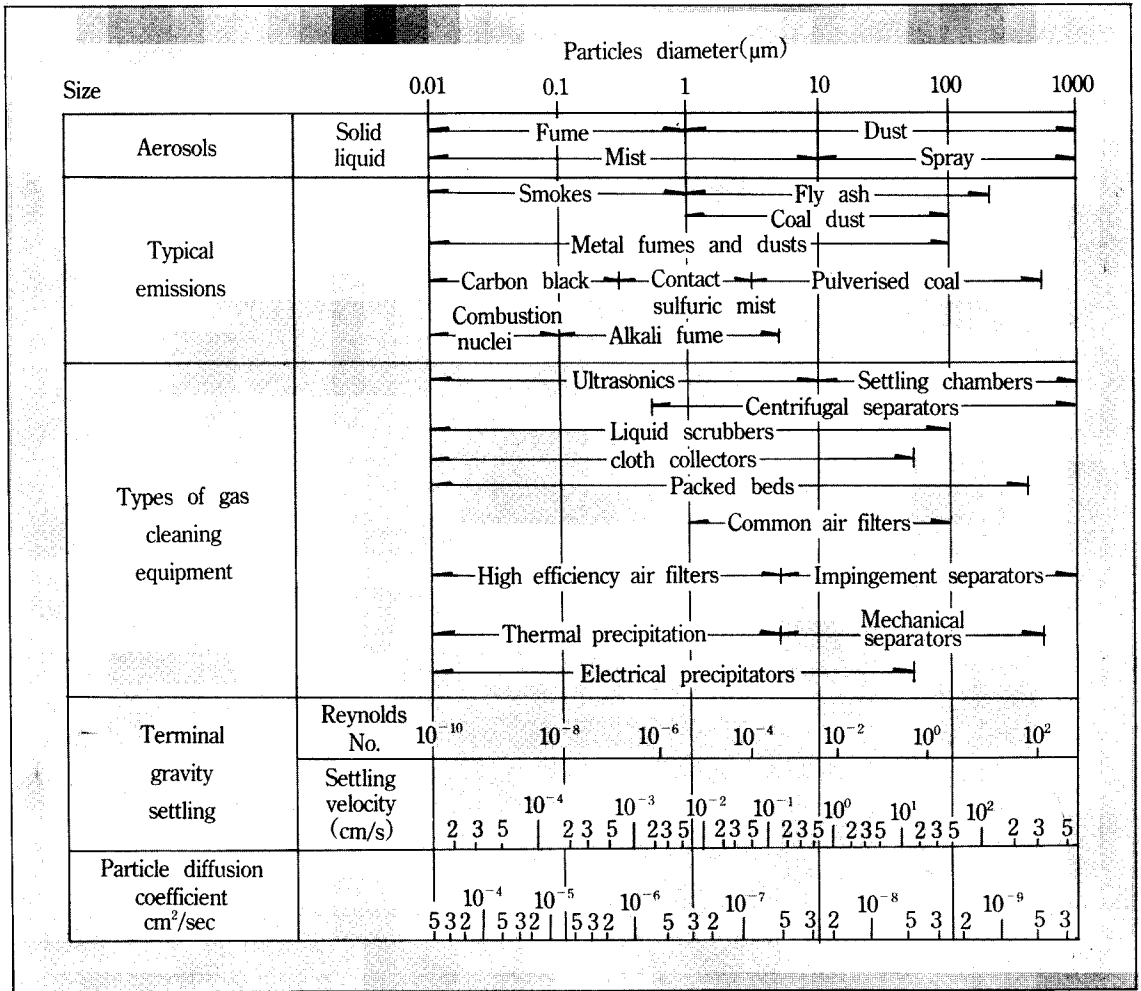


그림 2. 입경크기에 따른 적정 집진장치

차지하며 이외에 보일러폐수, Ash 냉각폐수, 세차폐수등이 있다. 소각장 배출폐수처리는 산업폐수 처리와 비슷한 공정을 가지며 그림 3에 제시한다.

우선 조정공정(Equalization processes)에서 폐수의 특성 변동을 최소화하거나 조절함으로써 하류 최적처리 조건을 만들며 다음의 작업내용이 행하여진다.

- 1) PH조절
- 2) 물리 화학처리 계통에 Flow surge를 최소화하여 공급유량유지
- 3) 생물학적 처리의 경우는 고농도 독성물질의 직접유입 방지
- 4) 침강성 고형물의 퇴적 방지

5) 공기스트리핑(Stripping)에 의한 BOD감소

다음에 PH를 6.5~8.5로 약품처리한 다음 폐수 중의 SS를 침강분리(Sedimentation)시키는데 여기에는 입자의 중력에 의한 독립침강, 명반(혹은 유산반도, Al₂(SO₄)₃ 18H₂O)나 제2철염(FeCl₃)등의 무기화합 응집제나 고분자 응집제를 투입하는 응집침강(Coagulation)의 방법이 있다.

침강된 슬러지는 탈수처리후 고형화 매립을 하고 처리된 물은 폭기조(Aerated Vessel)에서 용존산소량(Dissolved oxygen)을 높인후 방류시킨다. 특정 중금속 폐기물 소각장의 경우는 중금속을 침전(precipitation)시키는 공정을 별도로 하여야 한다.

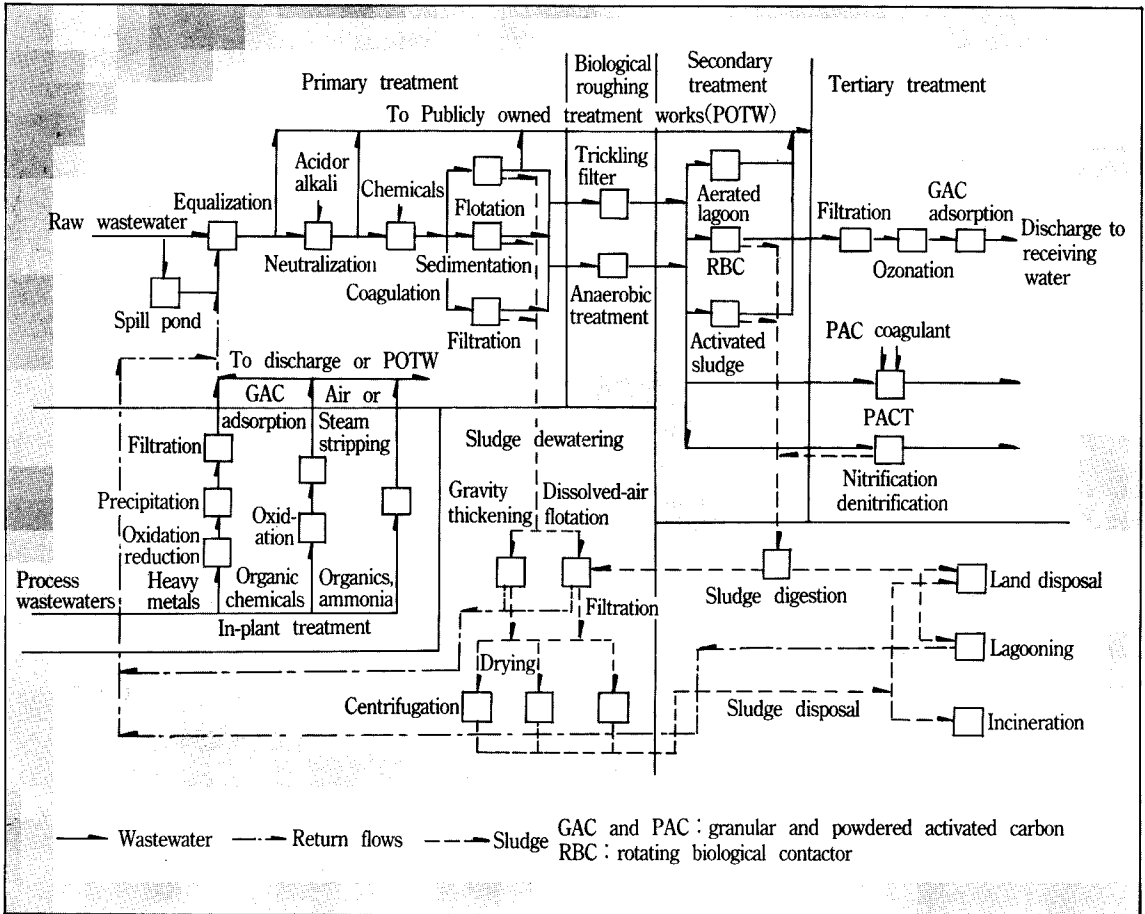


그림 3. 소각장 폐수처리 공정도

4. 결 언

환경보전기술 분야는 지구적인 문제로 심각성을 불러일으키고 있으며 UN의 환경관련 국제회의, 선진국의 기술경쟁 및 무역마찰등은 환경 그 자체가 인류생존과 직접적인 관계를 맺고 있기 때문에 더욱 심화될 수 밖에 없다.

우리나라에서도 환경문제 해결을 위해 범국가적인 대응을 하고 다각도로 투자를 아끼지 않고 있는 상황이지만 가장 효과적인 투자방법의 일차적인 것은 기술개발로, 이 분야는 인류복지기술이며 국가적 사업이며 여러학문의 종합에 의한 기술이고 기계장치 산업이 필수적이기 때문에 정부주도형으로 꾸준한 기술개발 연구가 필요함을 제안하는 것이 필연적이다.

본고에서 폐기물의 발생증가량이 매년 10% 정도로 날로 심각해지고 여기에 대처하기 위한 소각로 건설을 위해 외국으로부터 기술도입함으로써 방대한 외화유출이 되고 있는데 기술종속국에서 탈피할 수 있는 자체기술개발 능력 배양과 환경보전 능력 독립을 위한 기술개발연구 터전도 정부차원의 지속적인 배려가 있어야 된다는 전제하에 소각처리시스템의 요소별 기본기술과 개념적인 기술동향을 소개하였으며 이 자료가 관련 연구 업무에 도움이 되기를 기원한다.

참고문헌

1. 이봉훈, 쓰레기 소각로 선정의 기술적 평가, 1992

2. J. Jumgnitsch, Environmental Solution in German Machinery Industry, the proc. of korea German joint seminar on Environmental pollution control & Technology, 1992. 11
3. 박영재외, 도시폐기물 소각로 폐열회수장치 개발(II), 동력자원 연구소, 1989. 12
4. R. Knoche, Air pollution Control for Hazardous wastes Incinerators in Europe, the proc. of the 8th Int Symp on environmental Techniques Development, 1992
5. 김수생, 특정폐기물 관리와 고차 상수처리의 필요성, the proc. of the 8th Int, symp on Environmental Techniques Development, 1992
6. H.J. Kim et al, Industrization & Waste Management in Pusan & Kyungnam Regions, the proc. of the 8th Int, Symp on Environmental Techniques Development, 1992.
7. 환경처, 폐기물 소각로 설계 및 오염물질 처리기술(환경기술 감리 표준화III), 1991.
8. 환경처, 전국일반 폐기물 처리 실적(1990) 및 계획(1991), 1991.
9. 환경처, 전국산업 폐기물 발생및 처리 현황(1990), 1991.
10. W. Eckenfelder, In dustrial water pollution control McGraw-Hill, 1989.