

소각로의 효율적인 운영

최 용 광

SK건설(주)양천자원회수시설 운영사업소장

제 1 장 서 론

1997년도 기준으로 우리나라에서 1일 발생하는 생활쓰레기는 약 48,000톤정도로 이중 29%를 재활용하고, 7.1%를 소각처리하며, 63.9%를 매립처리하고 있다. 그러나 국토여건상 매립지 수명이 한계상황에 이르렀고 매립시 발생하는 대기, 수질, 지하수오염등의 2차공해발생 과 쓰레기 침출수처리문제가 심각한 상황임을 고려할 때 쓰레기 감량화, 재활용등을 이용하여 발생량을 저감함과 동시에 매립이 아닌 또 다른 처리방향 설정이 시급한 실정이다.

따라서 정부에서는 폐기물관리종합대책을 수립.시행중에 있으며, 이에 따르면 2001년도까지 1일 50톤이상 소각할 수 있는 소각시설 52개소를 추가 설치하여 전국 평균 20%의 소각을 목표로 계획하고 있다. 소각시설 설치로 DIOXIN등 환경공해 문제, 악취관련 민원발생, 소각재 처리 문제가 있음에도 불구하고 수적.양적 팽창은 불가피하다고 본다.

현재 국내에는 10여개의 소각시설이 설치되어 운전되고 있으나 발주자, 운영자, 주민이 모두 상가문제와 같은 환경문제에 관심이 집중되어 있는 것이 현실이고, 생활쓰레기가 갖고 있는 에너지의 잠재적가치를 소홀히 하고 있다.

따라서 본고에서는 현재 소각시설의 운영현황을 파악하고 효율적인 운영방안 제시 및 에너지의 효용가치에 대하여 고찰하고자 한다.

제 2 장 생활쓰레기 발생 및 처리현황

2.1 생활쓰레기 발생실태 및 처리현황

우리나라 생활쓰레기 발생량은 Table 1에서 보는 바와 같이 '90년도 이후 도시지역을 중심으로 한 난방연료의 대체등으로 년평균 10%정도의 꾸준한 감소세를 유지하여 왔으며, 쓰레기 종량제가 실시된 1995년에는 전년대비 17.8%의 대폭적인 발생량 감소를 나타내었다. 그러나 이러한 대폭적인 생활쓰레기 발생량 감소는 경제적 부담으로 나타나는 일시적인 현상일 뿐 인구증가와 더불어 소비증가, 소비성향등의 변화로 추가적인 대응책이 강구되지 않는 한 소폭이지만 매년 점진적인 발생량 증가가 예상된다.

구 분	1993	1994	1995	1996	1997	2001	
발생량(TON/일)	62,940	58,118	47,774	49,925	47,895	64,431	
처리 (%)	재활용	11.4	15.4	23.7	26.2	29.0	35.0
	소각	2.4	3.5	4.0	5.5	7.1	20.0
	매립	86.2	81.1	72.3	68.3	63.9	45.0

Table 1. 생활쓰레기 발생 및 처리현황

주) 출처 : 소각재 적정처리대책 마련을 위한 공청회(1999. 9. 3 서울시 의회)

생활쓰레기를 처리방법별로 보면 재활용과 소각처리비율이 지속적으로 증가하고, 매립비율이 감소하고는 있으나, 1997년 기준으로 7.1%를 소각처리하고 있다. 이는 스위스(소각율:79%), 일본(소각율:72%), 덴마크(소각율:59%), 네덜란드(소각율:39%)에 비하여 현저히 낮은 소각율을 나타내고 있으며 국토면적이 넓은 미국(소각율:16%)보다 낮은 것으로 우리의 매립 의존도가 지나치게 높음을 알 수 있다.

생활쓰레기 처리에 있어서 경제성, 환경성을 고려한 최적의 재활용율로 추정되는 약 35%를 제외한 65%정도의 생활쓰레기는 결국 소각이나 매립처리할 수밖에 없다. 이러한 관점에서 환경부는 1996년에 발표한 『녹색환경의 나라 건설을 위한 국가 폐기물관리 종합계획』에서 2001년 생활쓰레기 소각처리 목표를 20%로 정하고 이를 달성하기 위하여 전국에 52개소, 15,980TON/일 규모의 소각처리시설을 추가로 확충할 계획으로 추진중에 있으며, 소형보다는 1일 50NON이상을 처리할 수 있는 대규모 용량을 설치할 계획에 있다.

이와 같이 우리나라에서 향후 생활쓰레기 처리중 소각처리 비중이 상당히 증가할 것으로 예상되지만, 소각처리 비중이 너무 높으면 강량화 및 재활용정책의 실시로 인하여 소각처리 대상 쓰레기량이 줄어들 경우 시설의 연속적인 가동에 문제를 일으킬 우려가 있으며, 또 감량화정책이나 재활용정책을 위축시킬 우려가 있다. 환경부에서는 소각처리율 목표를 특별시, 광역시의 경우에 50%, 일반시의 경우에 40%를 초과하지 않도록 하고 있다.

2.2 생활쓰레기 특성

우리나라에서 발생하는 생활쓰레기의 특성을 살펴보면 아래 Table 2와 같다.

구분	겉보기 밀도 (T/m ³)	저위 발열량 (kcal/kg)	삼성분(%)			물리적 조성(%)					
			수분	가연분	회분	비닐.플라스틱	종이류	음식물류	나무.짚류	섬유류	불연물
양천	0.5	1,313	54	34	12	19	24	41	2	6	9.3
노원	0.5	1,213	58	30	12	15	25	48	2	7	3
해운대	0.4	1,273	60	33	7	17	19	57	2	3	2
다대	0.4	1,304	59	32	9	19	24	51	3	0	3
성서	0.4	1,415	56	32	12	18	14	50	5	9	5
평촌	0.3	1,035	55	29	16	7	24	49	6	6	9
부천	0.3	1,700	53	29	18	25	19	46	2	4	5
성남	0.3	1,755	55	39	7	32	25	32	2	2	4
일산	0.4	1,466	57	34	10	16	20	53	3	5	3
창원	0.3	1,319	50	37	13	17	22	45	3	5	10
평균	0.4	1,347	55	33	12	17	21	49	3	5	6.3
'97평균	0.37	1,661	56	36	8	15	20	50	4	5	6

Table 2. 생활쓰레기 성분분석

주) 출처 : '98 생활폐기물 소각시설 운영현황(환경부, 전국 생활폐기물 소각시설 운영협의회)

상기 표는 '98년말 현재 가동중인 전국 10개 대형생활쓰레기 소각시설의 소각대상쓰레기 성상을 분석한 결과로 겉보기밀도는 0.3~0.5TON/m³(평균 0.4TON/m³)로 나타나고, 저위 발열량은 1,035~1,755kcal/kg(평균 1,327kcal/kg) 나타났으며, 삼성분을 분석한 결과는 수분 50~60%(평균 55%), 가연분 29~37%(평균 33%), 회분 7~18%(평균 12%)로 나타나고 있다. 이는 '97년과 비교하여 겉보기밀도나 수분량은 큰 변화가 없으나 IMF사태 이후 재활용증가로 인한 가연분의 감소로 저위발열량('97년 저위발열량 1,661kcal/kg)이 급격히 낮아져 소각에 장애요소로 작용하고 있다. 지역별로 수분, 가연분, 저위발열량의 차가 발생하는 이유는 시설 용량에 비하여 반입량이 현격히 부족한 지역의 경우 선택적 반입이 불가능하여 발생하는 쓰레기 전량을 반입.소각하고 있으며, 시설용량에 비하여 발생량이 많은 지역의 경우는 상대적으로 선택적 반입(음식물중 일부 배제등)이 가능하기 때문인 것으로 해석된다.

또, 물리적 조성을 분석한 결과는 음식물(평균 49%), 종이류(평균 21%), 비닐.플라스틱류(평균 17%)순으로 나타나고 있으며, 음식물 비중이 높으므로 해서 수분량이 높아지고 이는 소각시설 설계시 일반적으로 반영되는 기준쓰레기에 비하여 현저하게 떨어지는 상태로 소각시 보조연료의 사용이 불가피하여 소각의 경제성을 떨어지게 하는 주요한 원인으로 작용하고 있다.

2.3 운영중인 소각시설 현황

국내에 운영중이거나 시공중인 소각시설은 아래 Table 2와 같다.

'98년 12월 현재

시 설 명	처리용량 (TON/일)	소각로형식	시 공 사	기 술 제 휴	운 영 사
안양 평촌	200×1	STOKER	동부건설(주)	스타인플러(독)	동부건설(주)
고양 일산	300×1	STOKER	삼성중공업(주)	미쓰비시(일)	환경관리공단
부천 중동	200×1	STOKER	대우(주)	히다찌조선(일)	대우(주)
창 원	200×1	STOKER	한라중공업(주)	볼룬드(덴)	한라중공업(주)
부산 다대	200×1	STOKER	한라중공업(주)	볼룬드(덴)	환경관리공단
양 천	200×2	STOKER	SK건설(주)	시거스(주)	SK건설(주)
노 원	400×2	STOKER	현대중공업(주)	도이치 밥콕(독)	한불에너지(주)
성 남	300×2	STOKER	현대중공업(주)	도이치 밥콕(독)	현대중공업(주)
대 전	200×1	STOKER	LG건설(주)	가와사키(일)	대전도시개발공사
대구 성서	200×3	STOKER	대우(주)	히다찌조선(일)	환경관리공단
부산 해운대	200×2	STOKER	삼성물산(주)	스타인인더스(프)	환경관리공단
광 명	150×2	STOKER	동부건설(주)	스타인플러(독)	동부건설(주)
강 남	300×3	STOKER	SK건설(주)	ABB(스)	시공중
과 천	80×1	STOKER	현대정공(주)	ABB(스)	시공중
용 인	100×1	STOKER	코오롱엔지'(주)	산끼(일)	시공중
광주 상무	200×2	STOKER	SK건설(주)	시거스(주)	시공중
부산 명지	200×2	STOKER	현대중공업(주)	도이치 밥콕(독)	시공중
울 산	200×2	STOKER	한라중공업(주)	볼룬드(덴)	시공중
수원 영통	300×2	STOKER	삼성중공업(주)	미쓰비시(일)	시공중
군포 산본	200×1	STOKER	현대건설(주)	루르기	시공중
안 산	200×1	STOKER	동부건설(주)	스타인플러(독)	시공중
부천 대장	300×1	STOKER	대우(주)	히다찌조선(일)	시공중
인천 경서	250×2	STOKER	삼성중공업(주)	미쓰비시(일)	시공중
의정부	100×2	STOKER	SK건설(주)	시거스(주)	시공중

Table 3. 국내 소각시설 설치현황

Table 3에서 보는 바와 같이 1일 50TON이상을 처리할 수 있는 소각시설은 12개소이며, 10여개소의 소각시설은 시운전중이거나 시공중에 있다. 이들 생활쓰레기 소각시설의 소각로는 모두 STOKER TYPE으로 설치되어 있으며, 외국과 기술제휴(일본, 유럽)를 통하여 설치되어 있다. 성남에 유동상방식(FBC)의 소각로가 설치되어 운전되어 왔으나 국내 생활쓰레기의 성상, 수거행태, 공해방지효과를 고려할 때 STOKER TYPE이 생활쓰레기 소각에 더 장점이 있다고 판단되어 STOKER TYPE으로 설치하고 있는 추세이다.

운전중인 시설중 안양평촌, 부천중동, 창원, 양천, 성남은 시공사에 의해서 고양일산, 부산 다대, 대구성서, 부산해운대의 경우는 환경관리공단에 의해 운영되고 있으며, 일부 시설이 제3의 운영사에 의해 운전되어 지고 있다. 이들 소각시설의 '98년도 운영현황은 Table 4와 같다.

시설명	소각량 (TON)	ASH발생량 (TON)	가동시간(HR) 1호기/2호기	침출수처리량 (TON)	보조연료사용 (Nm ³ 또는 L)	비고
양 천	82,373	13,766	5,734/6,123	1,773(928)	233,191Nm ³	
노 원	78,754	11,605	3,438/4,860	2,295(10,296)	833,294Nm ³	
부산 해운대	130,523	19,364	7,580/7,263	3,068	139182 L	
부산 다대	56,733	8,543	7,852	1,983	31,463 L	
대구 성서	56,565	11,426	6,895	2,680(145)	17,154 L	2호기 제외
안양 평촌	53,506	10,517	6,725	678	85,740 L	
부천 중동	59,185	8,865	7,695	29(2,653)	14,114 L	
성 남	88,599	13,991	4,392/4,176	4,428(1,941)	305,898Nm ³	4월부터 가동
고양 일산	95,335	13,489	7,132	3,952(127)	123,148Nm ³	
창 원	64,560	9,977	7,776	2,416(57)	101,974 L	
계	766,133	121,543	87,641	23,302 (16,147)	1,495,531Nm ³ 389,627 L	

Table 4. 국내 소각시설 운영현황

주) 1. 출처 : '98 생활폐기물 소각시설 운영현황(환경부, 전국 생활폐기물 소각시설 운영협의회)

2. 침출수 처리량중 ()은 외부 위탁처리한 량임.

3. 보조연료 사용량중 Nm³는 LNG사용 단위이며, L는 경유사용 단위임.

4. 보조연료 사용량은 소각로 START UP 또는 승온용으로 사용된 량이며, 방지시설용은 제외하였음.

상기 Table 4에 나타난 바와 같이 1년 330일 가동을 기준으로 전국 평균 소각로 가동율이

72.5%정도로 운전되었으며, 특히 양천과 노원소각시설의 경우는 시설용량 대비 생활쓰레기 반입량의 절대 부족으로 소각로 가동율이 각각 62.4%, 29.8%불과하여 경제적인 손실뿐만 아니라 운전에도 장애를 주고 있다. 즉 잦은 가동중지로 설비의 노화진행이 가속되고, 로내 적정온도 유지를 위한 보조연료 사용증가, 쓰레기 침출수처리문제, 공기사용량 저하에 따른 악취방출로 민원 유발, 에너지회수효율 감소등 많은 문제를 야기하고 있다. 한편, 양천의 경우 '97년에는 쓰레기 침출수 전량을 소각로에서 분사처리하였으나, '98년에는 쓰레기 소각량 감소 및 발열량 저하로 침출수 928TON을 하수종말처리시설에 반출처리하였으며, 전국 대부분의 소각시설이 같은 실정에 처하여 있다. 결국 생활쓰레기 TON당 39L의 침출수가 발생하였고(노원의 경우 제외) 이중 78.2%를 자가처리하였으며, 21.8%를 외부에 위탁처리 하였다. 보조연료 사용은 대부분 수분이 많고 발열량이 낮은 하절기(6~8월)에 집중되고 있는데 대처방안으로 전기에 폐목을 모아 우기에 생활쓰레기와 혼합하여 발열량을 높여 소각할 것인지, 보조연료를 사용하여서라도 침출수를 자가처리할 것인지, 아니면 외부에 위탁처리할 것인지를 심각히 고려해야 할 것이다.

'98년의 전국 10개 소각시설에서는 766,133TON의 생활쓰레기를 소각하여 15.9%에 해당하는 121,543TON의 소각재가 발생하였으며, 발생한 소각재중 비산재는 지정폐기물 처리규정에 의거 처리되고 있으며, 바닥재는 일반쓰레기 매립시설에 매립하여 왔으나, 최근 인체물, 가전제품, 전지, 완구류등에서 소각시 발생하는 납(Pb)이 기준치(3ppm)를 초과한다하여 처리가 용이하지 못함을 지적하고자 한다.

제 3 장 소각로의 효율적인 운영

소각설비는 소각로 내에 공급할 폐기물을 담아두는 저장조, 로내에 쓰레기를 원활히 공급하기 위한 공급장치, 역화를 방지하기 위한 체질문, 쓰레기를 목적인 상태로 소각하는 화격자, 화격자를 구동시키는 유압장치, 쓰레기를 로내로 밀어 넣는 공급장치(Feeder), 화격자를 설치하여 연소가 원활히 수행될 수 있도록 하는 소각로 본체, 쓰레기 질의 지하 및 소각시설을 기동 또는 정지시 보조연료를 적절히 조절하기 위한 연소보조장치, 쓰레기 침출수를 로내에 분무시켜 소각하기 위한 오수분무 노즐로 구성되어 있다. 이들 장치의 궁극적인 목표는 소각로내에서 쓰레기를 완전연소하는데 있으며, 이의 효율적인 운영을 살펴보면

3.1 폐기물의 투입

충분한 저장조 용량이 확보된 상태에서 연속운전에 필요한 쓰레기를 확보하고 쓰레기의 충분한 전처리 즉 조성이 대단히 불균일한 쓰레기를 파봉.혼합을 통하여 균질화하고, 분리가능한 쓰레기 침출수를 분리하며, 충분한 체류시간을 줌으로써 숙성화과정을 거친 쓰레기를 로내에 투입하여야 한다. 투입시에는 정량적인 제어를 통하여 화격자 위에 일정한 폭과 두께로 공급되도록 한다.

3.2 소각로내 온도제어

소각로에 투입된 쓰레기는 완전연소를 위해 아래 그림과 같이 850℃~950℃를 유지해야 한다. 로내온도가 하한치인 800℃이하일 경우 유기물질이 분해되지 않는 등 불완전연소가 될 뿐만 아니라 악취가 발생되어 민원발생의 여지가 있으므로 800℃이하가 되어서는 안된다.

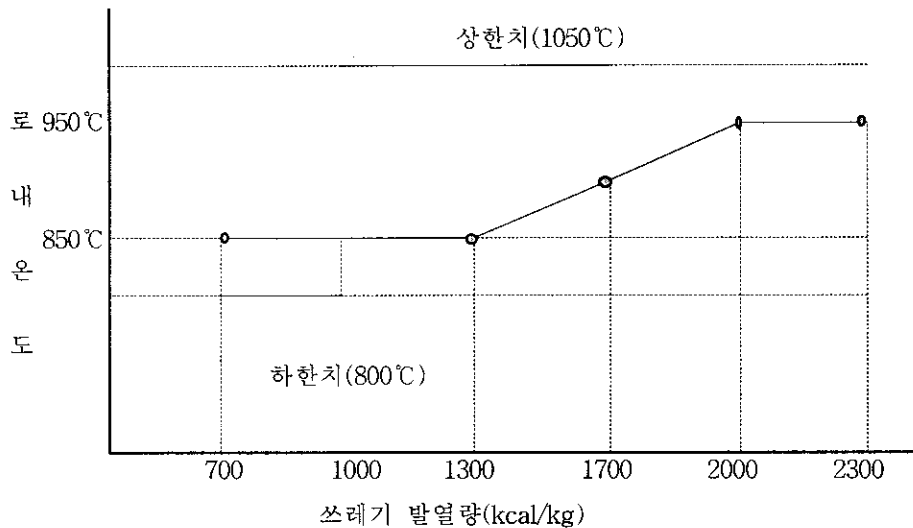


Figure 1. 로내온도의 적정치

또한, 로내온도가 1050℃ 이상일 경우에는 소각재의 용융점 이상의 온도가 되어 소각로 벽 및 폐열보일러 수관에 소각재가 융착(SLAGGING)되어 보수가 어려워 경제적 손실이 크고 효율이 저하되며, 장기간 소각이 불가능해질 수 있으므로 주의를 요한다.

로내온도 제어방법은 쓰레기 발열량이 충분할 때는 2차 연소용공기로 제어하며, 발열량이 낮은 쓰레기를 연소할 경우에는 보조버너로 조연하여 제어한다. 발열량이 1000kcal/kg 이하의 쓰레기를 소각할 때는 보조버너를 이용하고, 2000kcal/kg을 초과하는 쓰레기 연소시는 2차 연소용공기를 이용하여 로내온도를 제어하지만 쓰레기의 완전연소가 불충분하면 발열량이 높은 쓰레기도 보조버너를 이용하여 온도를 조절한다.

3.3 연소용공기의 배분

쓰레기 성상에 따라 혹은 쓰레기 처리량에 따라 최적의 연소조건을 위하여 각 연소용공기의 비율을 다르게 해야 한다. 예를 들면, 쓰레기 발열량이 1000kcal/kg까지는 1차 연소용공기를 약 80%를 공급하며, 1000~1700kcal/kg 사이에는 60~80%를 1700kcal/kg 이상의 쓰레기를 연소할 경우에는 약 60%의 1차공기를 주입하여야 한다.

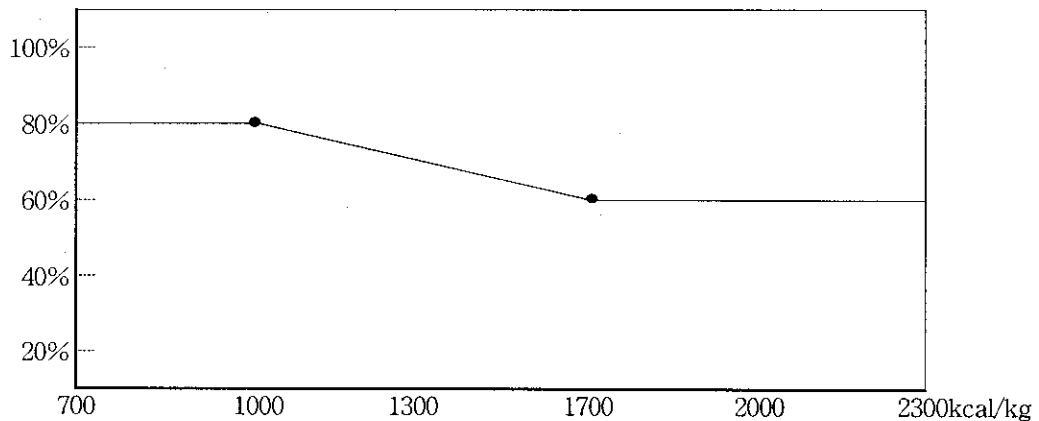


Figure 2. 연소용 공기의 비율

3.4 과잉공기량

고체연료에 해당하는 쓰레기 소각시 과잉공기량은 약 200%로 폐열보일러 출구에 설치된 O₂ 분석기와 stack에 설치된 CO분석기에 의해 연소가스중의 O₂와 CO의 함량을 확인할 수 있으므로 연소상태 및 과잉공기량을 판단하여 운전한다.

과잉공기량은 쓰레기 성상에 따라 각각 다르며, 운전중 쓰레기의 성상, 연소상태등을 고려하고 O₂, CO의 배출치를 확인하여 운전원이 조절하여 최적의 연소가 이루어지도록 하여야 한다. 쓰레기 발열량에 따른 연소가스의 O₂ 함량은 다음 Figure 3와 같다.

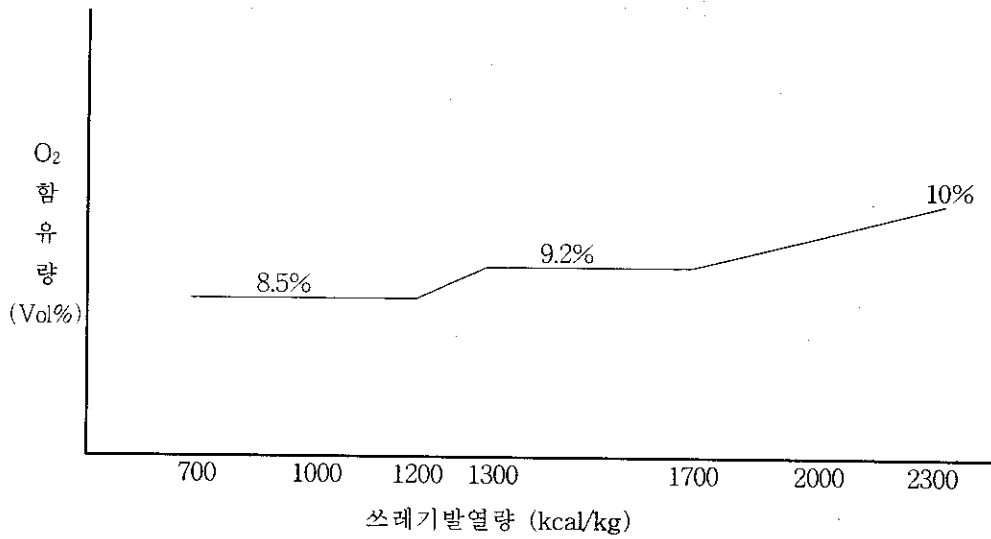


Figure 3. 연소가스의 O₂ 함량

3.5 연소용 공기의 온도제어

저질쓰레기 소각시에는 보다 효율적이고 안정적인 연소를 위하여 연소용공기는 예열시켜 소각로에 주입시킨다. 1차공기는 발열량이 1600kcal/kg이하인 쓰레기를 소각시키고자 할 경우 증기식 공기예열기를 사용하여 공기온도를 160℃까지 예열하여 소각로에 인입시킨다.

2차공기는 냉각용 공기로 사용하므로 특별히 예열시킬 필요는 없다.

3.6 로내 압력제어

로내의 압력은 일반적으로 유인송풍기에 의해 자동제어 된다. 로내가 정압이되면 고온의 연소가스 및 미연분이 연소실과 후처리장치등에서 배출될 수 있고 심한 부압이 될 경우 공기의 흡입으로 로내온도가 낮아지며, 차압증가에 의한 백필터의 손상을 가져올 수 있다.

3.7 소각로내 불꽃을 보고 운전상황파악

중앙제어실에 설치된 CCTV화면과 소각로에 설치된 감시창을 통하여 소각로내 불꽃상태를 관찰하면서 운전한다.

- 진홍색, 불꽃끝이 그을음 : 공기부족
- 밝은 노란색 불꽃, 불꽃끝이 휘어짐 : 과잉공기
- 불꽃이 짧고 푸름 : 순수탄소연소(주로 소각구역)
- 불꽃이 짧고 맑음 : 주로 연소과정에 있는 압착종이(소각구역)

제 4 장 환경설비 적정운영관리

현재 국내에 운전중인 소각시설의 연소가스 처리공정은 Table 5와 같다.

시 설 명	공 정 구 성
양 천	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - W/S - SDA - B/F - SCR - IDF - 연돌
노 원	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - E/P - W/S - SCR - IDF - 연돌
대구성서	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - 반응기 - E/P - IDF - W/S - 재가열기 - 연돌
성 남	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - E/P - W/S - 재가열기 - SCR - IDF - 연돌
부산다대	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - E/P - W/S - IDF - 재가열기 - 연돌
부산해운대	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - E/P - W/S - IDF - SCR - 연돌
고양일산	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - SDA - B/F - 재가열기 - SCR - 연돌
안양평촌	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - SDA - B/F - IDF - 연돌
부천중동	FDF - 연소실 - 폐열보일러 - 반응기 - E/P - W/S - B/F - SCR - 연돌
창 원	FDF - 연소실/SNCR - 폐열보일러 - SDA - B/F - IDF - 연돌

Table 5 국내 운영중인 소각시설의 연소가스 처리공정

이러한 연소배출가스 방지시스템은 여러 단위장치들이 복합적으로 되어 있어 각 장치끼리 긴밀한 상호관계가 있으므로 방지장치 조합의 형태에 따라서 각 장치간의 영향, 제거대상 오염물질의 범위 및 제거효율등에 차이를 가져올 수 있다. 그러므로, 이들 조합형태별 특성을 파악, 최적의 방지장치 시스템을 구성함으로써 보다 효율적인 운영이 이루어 질 수 있도록 할 필요가 있다. 따라서 연소배출가스 방지시설은 개별적으로 그리고 전체적으로 성능이 발휘되도록 운영 및 유지관리되어야 한다. 이를 위해서는 전반적으로 다음과 같은 사항에 유의하여 운영되어야 한다.

- ① 소각시설의 대기오염물질 배출수준이 배출허용기준을 충분히 달성할 수 있도록 하고 또한 자체 배출목표수준을 달성하도록 시설을 운영, 관리하여야 한다.
- ② 각 단위장치는 온도, 압력등 각종 운전변수가 설계조건 또는 최적 운전조건에 맞도록 운영되어야 한다.
- ③ 먼지 및 유해배출가스의 생성이 최소화되도록 운영하여야 한다.
- ④ 배출가스 이송덕트는 보온 및 기밀을 유지하고 부식, 진동등에 대비하여 운영하여야 한다.
- ⑤ 각 장치의 부식이나 막힘, 누출현상이 발생하지 않도록 점검 및 적절한 유지, 보수를 하여야 한다.

- ⑥ 용접부, 플랜지 접합부, 맨홀, 점검구, 비산재 배출장치, 케이싱등 가스누설이나 냉각의 가능성이 있는 부분은 확실하게 밀폐 및 보온하여야 한다.
- ⑦ 다이옥신류등 유해성 대기오염물질의 생성이 최대로 발생하는 온도구간에서는 배출가스의 체류시간이 최소화되도록 운영하여야 한다.

현재 국내에 운전되고 있는 소각시설의 배출가스처리 공정을 중심으로 적정운영관리방안을 알아보면

4.1 집진설비 운전

4.1.1 여과집진기

여과집진기는 흔히 백필터로 알려져 있는데 그 집진효율이 높고 일반 산업체에서의 사용실적이 많다. 이 방식은 테프론섬유나 유리섬유를 사용한 여과포에 가스를 여과하는 것으로 여과포 표면에 부착된 먼지가 여과효과를 높임으로서 매우 미세한 입자까지도 집진이 가능하다. 집진기는 여러개의 집진실로 나누어져 있고, 집진된 먼지의 탈착방식은 여과포의 종류에 따라 기계진동식, 역기류탈착식, 펄스젯트식을 취할 수 있다.

① 본체 : 여과집진기의 본체는 칸막이에 의해 여러개의 집진실로 나누어져 있으며 각 집진실의 가스 출입구에는 댐퍼 및 압력계가 설치되어 있고 본체 내부에 원통형의 여과포가 채워져 있다. 내부는 260℃이하의 연소가스가 흐르므로 내부온도가 이슬점 이하로 될 수 있고 이에 따라 부식이 문제될 수 있기 때문에 항상 보온에 대한 주의를 기울여야 한다. 운전중에는 가스의 누출이나 압차에 대한 감시가 필요하고 정지시에는 감시 및 햄머테스트 등에 의해 부식의 유무를 충분히 점검함과 동시에 보온재의 파손, 도장의 벗겨짐등을 점검, 필요에 따라 보수, 정비하여야 한다.

② 여과포(필터) : 여과통은 테프론등의 합성섬유나 유리섬유로 제작된 원형의 여과포에 케이싱으로 둘러지는 철재고리가 삽입되어 있다. 운전시에는 여과통의 파손, 열화, 막힘등을 압력계로 확인, 기록하는 것이 필요하다. 정지시에는 여과통의 변형, 파손, 열화를 점검하여 필요에 따라 여과통의 장력조정을 하고 여과통이 서로 부딪쳐서 파손되는 것을 방지한다. 또한 탈진상태를 조사하여 탈진장치의 조정을 행하는것도 필요하다.

③ 탈진장치 : 기계식은 소음의 유무, V벨트와 베어링등이 원활히 작동하는 지, 탈진시간 타이머의 설정에 적절한지를 점검할 필요가 있다. 정지시에는 V벨트의 길이조정과 모터의 전압, 전류의 점검, 기계진동장치의 느슨해짐등의 점검, 조정이 필요하다. 역기류식은 댐퍼를 조작하여 탈진을 행하는 것으로 여과통의 장력을 알맞게 할 필요가 있는데 장력이 너무 높으면 여과통이 파손되고, 너무 낮으면 여과통의 하부가 변형되어 탈진에 악영향을 주므로 정지시에는 반드시 점검, 조정을 해야한다. 펄스젯트식은 탈진용 공기압력이 알맞은 지, 밸브류에 누출이 없이 정상으로 작동하는 지, 타이머의 작동이 양호한 지, 콤프레샤의 작동은 원활하고 급유는 충분한 지

등을 점검하여 필요시 정비해야 한다.

④ 매퍼 : 매퍼는 집진실에 흐르는 연소가스의 양을 조절하는 것으로 이러한 기능이 원활하게 작동되도록 운전되어야 한다. 특히, 여과통의 탈진시에는 다른 집진실과 완전히 차단되지 않을 때 포집된 먼지가 재비산할 수 있으므로 이에 주의하여야 한다. 구동부는 운전중에 개폐작동이 확실한 지 급유가 적절한 지, 또는 부식이나 마모가 없는 지의 점검이 필요하다.

4.1.2 전기집진기

전기집진기는 집진효율이 높으며, 또한 압력손실도 통상 20mmH₂O 정도로 낮아 유인송풍기의 동력이 적게 들고 따라서 운전비가 적다는 이점이 있기 때문에 연속연소식 소각시설에서 널리 적용되고 있다.

① 본체 : 전기집진을 위한 모든 장치를 내장한 외형으로서 지주, 강판, 보온재로 구성되어 있다. 내부는 200~300℃의 연소가스가 흐르는데, 소각로의 운전에 따라 내부온도가 이슬점 이하로 되어 부식되기 쉬운 상태로 될 수 있다. 운전중에는 가스의 누출을 점검하는 한편 정지시에는 안전을 충분히 확인하고 부식의 유무를 점검함과 동시에 보온재의 파손, 먼지의 퇴적등을 점검하고 필요시 보수, 정비하여야 한다.

② 방전극 : 방전극의 형식과 먼지의 성상에 따라서 먼지가 퇴적·고착하는 경우가 있다. 극도로 퇴적한 경우에는 이상 전류가 흐름으로써 전압의 승압이 될 수 없는 경우가 있으므로 내부점검시 먼지제거가 필요하다. 또한, 전극의 변형이나 단선된 곳이 있어도 정하여진 전압을 얻을 수 없어 일정 성능을 유지할 수 없으므로 정지시 내부점검을 통하여 이들 문제점들에 대한 보수가 필요하다.

③ 집진극 : 전극간의 거리가 성능에 영향을 준다는 점을 인식하고, 특히, 유지·관리시에는 전극판의 변형이나 배열의 흐트러짐, 전극간에 이물질이나 먼지의 퇴적등으로 점검하여 필요하다면 보수·정비를 하여야 한다.

④ 정류판 : 정류판은 전기집진기에 연소가스가 균일하게 흐르도록 설치한 것으로 먼지의 퇴적이나 변형에 의해 성능이 열화될 수 있다. 또한, 연소가스에 계속 노출되어 있어 부식의 진행속도가 빨라지고 파손되면 정류의 효과가 저하된다. 그 때문에 먼지의 퇴적, 변형, 부식, 설치부의 느슨해 짐을 충분히 점검하고 필요시 정비·보수하여야 한다.

⑤ 전기제어장치 : 전기집진기의 전기장치는 일반적인 전기설비와 달리 고압의 작은 전류를 흘려보낸다. 이 때문에 정류설비는 물론 전기집진기의 제어장치도 설치되어야 한다. 집진효율을 높이기 위해서는 양호한 하전상태를 유지하는 것이 필요하며, 전압 및 전류에 주의하고 정상적인 방전제어가 이루어지고 있는 지 점검할 필요가 있다.

4.2 산성가스 처리설비 운전

4.2.1 습식세정설비

습식세정설비는 배가스를 대기중으로 배출하기 전에 세정액으로 세정시키는 방법으로 가스의 온도를 약 250℃에서 약 70℃정도로 냉각시키면서 동시에 흡수액을 배가스와 접촉시켜 산성가스를 제거하는 장치이다. 습식세정설비는 일반적으로 트레이방식과 벤츄리방식이 있다.

습식세정설비는 제거효율이 높고 가스상물질은 물론 입자상물질의 처리가 가능하다는 잇점이 있는 반면 유지·운전비가 높고, 큰 압력차에 의한 에너지 비용이 높으며, 또한 액상 폐기물 처리 시설의 필요등 여러 가지 문제가 있다. 특히 세정탑내에는 고온의 가스와 흡수액이 혼재하고 있어 부식·마모가 발생되기 쉬운 조건이기 때문에 이에 대한 대책 및 유지·관리에 충분한 배려가 필요하다.

① SO₂나 HCl과 같은 산성가스는 물에 용해되어 강산성을 나타내므로 이들 산성의 수용액을 중화시키기 위해 가성소오다를 사용하고 있다. 이 때문에 흡수액 탱크에는 가성소오다를 항상 저장하고 있어 탱크의 수위를 점검함으로써 충분한 확보여부를 확인한다. 또한, 가성소오다 용액은 온도가 낮아지면 동결되기 때문에 보통 증기코일이나 전기히터로 가온시키게 되는데 이 온도 역시 주의를 요한다.

② 배관계통 및 분사노즐 : 흡수탑내의 분사노즐은 적정압력을 유지하여 풀고루 분사되어야 한다. 특히 배가스 중의 비산재가 흡수액중에 혼입되어 배관계통, 분사노즐등이 막힐 우려가 있으므로 흡수액 순환펌프의 전류치나 차압계등을 점검하여 막힘현상을 조기발견, 필요한 조치를 취하여야 한다.

③ 흡수탑 벽면의 부식방지 : 흡수탑 하부의 가스입구는 부식성이 강한 유해가스가 흡수탑 벽면에 직접 접촉하기 때문에 항상 세정수를 흘려보내 줌으로써 부식을 방지하는데 이 세정수가 충분히 흐르는 지 확인하여야 한다.

④ 약품관리 : 동절기 약품관리는 유동점이상이 되도록 하며, 약품투입량은 당량비 및 반응효율을 고려하여 적정량을 투입하여야 한다.

4.2.2 반건식 반응탑

반건식 반응탑은 반응제로서 수용액 또는 슬러리상의 물질을 반응제로 이용하며, 반응생성물은 건조상태로 배출하는 방식으로 여기서는 일반적으로 잘 알려진 슬러리 분무방식에 대하여 설명한다.

슬러리 분무방식은 소석회등의 알칼리성 슬러리를 반응탑내에 분무하여 배가스와 접촉시켜 산성가스를 흡수하는 방식이다. 반응생성물은 탑내에서 건조된 고형물로 되어 후단의 집진장치에 의해 포집·제거된다. 운전은 반응탑 내부의 슬러리 분무상태등을 감시하여 분무이상에 의한 슬러리 부착, 성능저하등이 발생되지 않도록 세심한 주의를 기울려야 한다.

본 장치는 백필터와 연결하여 사용하는데 다음 사항을 유의하여 운전한다.

- a. 출구배출가스온도는 부식방지등을 위하여 포화응축온도보다 적어도 15℃이상 높게 운전한다.
- b. 노즐부식이나 막힘이 발생하지 않도록 하여야 하며, 만약, 이러한 문제가 발생하면 신속하게 교체하거나 막힘을 뚫어주는 장치를 가동하여야 한다.
- c. 가스와 슬러리의 접촉이 양호하고 반응시간이 충분하도록 운영하여야 한다.
- d. 벽면에 퇴적되지 않도록 분사각도를 조절하며, 퇴적된 입자는 제거할 수 있도록 한다.
- e. 노즐막힘현상을 판단할 수 있는 장치를 운영하여야 한다.
- f. 노즐부식과 막힘을 방지하기 위한 세척설비를 갖추어야 한다.
- g. 하부 반응생성물의 배출이 잘되도록 운영하여야 한다.
- h. 온도, 유량, 압력, 슬러리 투입량 및 분사형태, 슬러리 농도등의 운전인자들이 배출가스 처리 효율이 목표처리효율로 달성되도록 최적의 조건을 유지한다.

① 소석회사이로 : 정기적으로 백필터의 파손, 분말의 막힘등을 점검하고 운전중에는 사이로의 저장량을 감시하여 연속공급에 지장을 주지 않도록 항상 유의할 필요가 있다.

② 정량공급기 : 소석회를 일정량씩 구분하여 공급하는 장치로서 장치의 이상은 슬러리 농도에 직접적인 영향을 주기 때문에 정기적인 점검이 필요하다.

③ 슬러리 탱크 : 탱크내부의 슬러리 농도에 이상이 있을 경우에는 HCl제거효율에 지장을 초래하기 때문에 매일 탱크내의 슬러리 농도에 대한 점검이 필요하다. 또한 장시간 사용할 때에는 탱크내부 또는 교반기에 다량의 석회가 부착될 수 있기 때문에 정기적으로 점검 및 청소, 보수등이 필요하며, 오랜시간 가동을 정지시키는 경우에도 지류하는 슬러리 농도를 낮게하여 고착을 방지할 필요가 있다.

④ 반응탑 : 반응탑내에는 배기가스중의 먼지입자에 의한 마모, 부식등이 생길 수 있으므로 노의 운전정지시에는 청소, 점검하고 필요시에는 정비,보수를 해야한다.

또한, 슬러리 분무노즐은 막힘,마모등에 의해 분무상태에 이상이 초래되고 반응탑 내부에 슬러리가 부착되기 때문에 정기적인 노즐점검이 필요하다. 반응탑의 운전정지시에 탑 내부에 부착된 먼지는 흡습성이 있어 조속한 청소가 필요하고 또한 먼지를 그대로 하부의 배출 콘베이어에 직접 떨어뜨릴 경우 막힘의 원인이 될 수 있기 때문에 자루에 담아 장치밖으로 배출하는 것이 바람직하다.

4.3 배연탈질설비

4.3.1 선택적촉매환원장치(SCR)

본 장치는 배출가스와 반응제가 촉매층을 통과하여 질소산화물을 환원시키는 장치로 일반적으로 비산재등의 영향을 받지 않도록하기 위하여 집진장치 후단에 설치한다. 배가스의 처리과정은 먼저 암모니아를 환원제로서 분무하고 촉매를 이용하여 NO_x의 환원반응이 효과적으로 이

루어 지게한다. 이때 NO_x 와 NH_4 의 반응은 같은 당량으로 이루어지므로 암모니아 사용량을 조정함으로써 목적인 제거효율을 얻을 수 있으며, 선택적비촉매환원장치에 비하여 암모니아 사용량이 적다는 잇점이 있다.

촉매는 다음과 같은 몇가지 사항을 주의하여 유지관리하여야 한다.

- a. 촉매는 장기간 사용하면 활성이 저하되기 때문에 적절한 시기에 활성도를 평가할 필요가 있다.
- b. 노의 가동이 쉬고 있는 경우에 재에 의한 촉매의 막힘을 점검한다.
- c. 노의 가동정지중에는 수분 응결에 의한 촉매의 활성도 저하를 방지하기 위하여 항상 히터 등으로 반응탑 덮개를 가온시켜야 한다.
- d. 촉매의 활성이 최적인 온도에서 운전되도록 한다.
- e. 효율이 급격히 떨어질 때는 그 원인을 규명하고 촉매의 활성이 저하되었다고 판단될 경우에는 즉시 보수 또는 교체하여야 한다.
- f. 암모니아등 이와 유사한 물질을 반응제로 쓰는 경우 출구에서의 반응제 농도를 감시한다.
- g. 미세먼지, 황산화물, 중금속류등에 의한 피복 및 열화로 촉매의 활성이 저하되지 않도록 전처리시설들이 적절히 운영되도록 한다.

4.3.2 선택적비촉매환원장치(SNCR)

소각로내에 직접 암모니아 또는 요소등을 분사하여 질소산화물을 환원시키는 장치로 반응제는 2차 연소실 후단의 고온영역에 투입한다. 암모니아 탱크로부터 펌프에 의해 이송.배출된 암모니아는 분무용 고압공기와 분무노즐에 의해 노내로 공급된다. 노즐선단부는 고온연소가스에 의한 손상 또는 먼지부착등으로 이상분무를 일으킬 수 있으므로 주기적인 점검 및 관리가 필요하다. 또한, 운전시의 연소상태를 파악하고 가동정지시에는 노내 벽돌이나 특히 노즐 분무지점에서의 크링커 부착상태등을 점검하여야 한다.

본 장치의 운전 및 유지.관리시의 주의해야 할 사항은 다음과 같다.

- a. 촉매는 장시간 사용하면 활성이 저하되기 때문에 적절한 시기에 활성도를 평가할 필요가 있다.
- b. 암모니아 또는 이와 유사한 반응제를 사용하는 경우 출구에서 반응제 농도를 감시한다.
- c. 암모니아 주입량이 증가하면 배가스중의 염화수소와 반응하여 염화암모니아 흡을 형성하여 백연을 발생시킬 수 있으므로 이에 주의하여야 한다.

제 5 장 소각열의 효율적인 이용

5.1 소각열 이용현황

조사대상 소각시설별 열이용 현황을 보면 Table 6과 같다.

시 설 명	열 이 용		발 전	
	소각장내 이용	지역난방	발전용량(kw)	용 도
양 천	0	0	4,500	소내이용+한전매전
노 원	0	(열병합발전소공급) 0	x	
대구성서	0	0	700	소각장내 이용
성 남	0	x	4,500	소내이용+한전매전
부산다대	0	x	700	소각장내 이용
부산해운대	0	0	x	
고양일산	0	0	x	
안양평촌	0	0	x	
부천중동	0	0	x	
창 원	0	x	1,100	소각장내 이용

Table 6. 소각열 이용용도

10개 소각시설 모두 폐열을 이용하여 시설내 열이용(연소용공기 가열, 배기가스 재가열, 냉난방 등에 이용하고 있으며, 양천을 비롯하여 7개소에서 지역난방에 열공급을 행하고 있다. 또, 양천을 비롯한 5개소에서는 자가발전하여 소각장내 설비의 전력(기계설비의 동력이나 건물의 조명용 전력)으로 사용하고 그중 2개소에서는 잉여전력을 한전에 매전하고 있다. 자가발전설비를 구비한 5개시설의 발전용량은 11,500kw이며, 양천과 성남이 4,500kw, 창원이 1,100kw이며, 나머지는 700kw이다.

Table 7에서 보는 바와 같이 1998년을 기준으로 전국 10개소각시설에서 소각한 생활쓰레기는 766,133TON이며, 평균 발열량이 1,347kcal/kg으로 총 잠재에너지는 1,031,981Gcal이며, 이중 50.1%인 516,669Gcal을 열 또는 전기로 바꾸어 사용하였다. 또 23.8%정도는 고압증기, 저압증기상태로 복수되었으며, 나머지는 배기가스와 함께 배출되거나 소각장내에서 공기에열용, 난방용, 각종시설 가열용으로 사용되었다. 현재 발전시설이 가동중인 5개소각시설의 경우 발전효율이 27.8%로 상당히 낮다. 이것은 복수터빈이 아닌 배압식 터빈을 채용하고 있고 터빈 입구의

증기조건이 $20\text{kgf/cm}^2 \times 300^\circ\text{C}$ 이하로 낮다는 점과 복수기가 공냉식으로 터빈 배기압력이 높기 때문이다.

시 설 명	열 이 용(Gcal)			발 전(MWH)	
	열생산량	열판매량	소내사용량	발전량	매전량
양 천	106,468	78,061	26,202	2,653	222
노 원	148,836	80,970	67,866		
대구성서	97,229	19,858	22,282	3,338	
성 남				12,443	1,593
부산다대	110,785	3,303(수영장)	35,384	4,224	
부산해운대	141,799	89,458	52,341		
고양일산	134,412	106,990	27,422		
안양평촌	56,430	52,737	3,693		
부천중동	62,815	62,815			
창 원	102,511		31,887	3,568	
계		494,192		26,136	

Table 7. 소각시설별 에너지 회수현황

5.2 가연성 생활쓰레기의 잠재에너지량

전국 쓰레기 발생 및 처리현황 자료에 의하면 1996년도의 생활쓰레기 발생량은 1일 49,925톤이며, 이중 가연성 쓰레기 발생량은 60.7%인 30,306톤이다. 또한 가연성 쓰레기의 처리방법별 처리현황은 매립 26,905톤(88.8%), 소각 2,668톤(8.8%), 재활용 733톤(2.4%)으로 되어 있다. 따라서 가연성쓰레기중 재활용을 제외한 29,573톤은 소각처리가 가능하고 볼 수 있다. 재활용을 제외한 가연성 생활쓰레기를 전량 소각처리할 경우, 이 쓰레기의 잠재에너지 즉, 부존 열량 및 이용가능열량을 산출하면 약 $45 \times 10^3 \text{Gcal/일}$ ($16,430 \times 10^3 \text{Gcal/년}$)이며, 이용가능열량은 $35 \times 10^3 \text{Gcal/일}$ ($12,650 \times 10^3 \text{Gcal/년}$)이다. 이용가능열량을 원유로 환산하면, 3,500TOE/일(1,277천TOE/년)으로 된다. 이는 우리나라 '96년도 최종에너지 소비량(132,025천TOE)의 0.97%, 가정 및 상업부문 에너지소비량(31,705천TOE)의 4.0%에 해당하는 막대한 양이다. 금후 가연성 쓰레기 발생량의 증가, 발열량의 증가로 인해 발생열량은 더욱 증가할 것이다. 이상과 같이 쓰레기를 소각처리할 때 발생하는 소각폐열은 이용가능량이 막대할 뿐아니라 쓰레기를 처리하는 과정에서 부수적으로 발생하는 부산물이기 때문에 열에너지 생산에 원유등

1차 에너지 투입을 거의 필요로 하지 않으며, 장기간 안정적으로 공급이 가능하다는 점과 그리고, 소각 폐열은 800℃이상의 고온이기 때문에 이용포텐셜이 높다는 점이다. 즉, 소각폐열은 보일러에서 흡수하여 증기로 이용할 수 있기 때문에 발전, 온열, 흡수식 냉동기에 의해 냉열제조 등 다용도로 활용할 수 있는 우수한 특징을 갖는 도시의 귀중한 자원이다.

5.3 소각열 이용을 제고를 위한 과제 및 추진방향

- a. 발전효율 향상
- b. 열공급 확대
- c. 열수요처 개발

제 6 장 맺 음 말

국토의 합리적이고 효율적인 이용 및 제반의 환경적 여건을 고려할 때 우리나라 쓰레기처리방향은 적어도 당분간은 소각처리방향으로 갈 수밖에 없으며, 따라서 급속한 수적, 양적 팽창이 필연이라면 소각시설의 설치·시공에서 부터 그 운영에 이르는 SOFTWARE적인 운영기술 개발에 더욱 많은 노력과 투자가 병행되어야 하며, 이제는 환경적인 운전관점과 더불어 생활쓰레기 소각시 발생하는 열을 이용한 에너지의 회수에 관해서도 균형있는 사고가 필요한 시점이라 생각하면서 아래와 같이 소각시설의 효율적 운전방안에 관해 맺고자 한다.

1. 최상의 설비가 설치되었다 할지라도 운전이 만족하지 못하면 기기의 내구성 및 경제성은 ZERO가 된다. 따라서 운전작업의 자동화와 쓰레기 수거노선의 과학화, 반입계량 및 수거차량관리 부터 철저하게 관리해야 한다.
2. 소각장의 연료라 할 수 있는 쓰레기의 철저한 DATA관리가 이루어져 성상에 따라 운전요건에 변화를 주어야 한다.
3. 각 설비에 맞는 최적의 상태 및 안정적으로 운전하여 배출가스의 저공해화에 힘써야 한다.
4. 양질의 정보를 수집·관리하여 수시로 분석하고 검토하여 운전에 적용하여야 한다.
5. 조직관리를 집중화. 조직화하여 종합적이고 체계적인 시설운영계획을 수립·시행한다.
6. 사무행정의 정확성과 신속하고 신뢰감 있는 운영을 위하여 시설운영체계를 ON-LINE화하여 필요한 자와 정보를 공유할 수 있어야 한다.
7. 작업환경개선을 통하여 근무자의 사기 양양에 힘써야하며, 쾌적한 환경유지에 힘써야 한다.
8. 적정 예비품확보를 통하여 문제발생시 신속히 대처할 수 있는 준비가 있어야 하며 특히 외산품의 확보여부를 확인해야 한다.
9. 지역주민을 대상으로 시설의 필요성, 안정성을 적극홍보하고, 쓰레기 반입 및 시설운전감시 기능을 심분활용하여 주민역시 시설의 간접적인 운영에 관여하고 있다는 인식을 심어주어 불필요한 민원발생을 방지한다. 즉 소각시설은 운영주체와 주민이 함께 운영할 때 목적하는 방향으로 순항할 수 있다는 인식을 고취시킨다.