

DAEGU-GYEONGBUK DEVELOPMENT INSTITUTE

대구광역시 소각시설의 관리실태  
및 운영 효율화 방안

류 재 용 · 남 광 현 · 최 정 학

대구경북연구원

## 차 례

---

▪ 요 약	..... i
-------	---------

### 제1장 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성	..... 3
2. 연구의 범위와 내용	..... 3
3. 기대효과	..... 4

### 제2장 대구광역시 소각시설 운영 현황 및 문제점

1. 대구광역시 폐기물 발생 및 처리현황	..... 7
가. 폐기물 발생량 현황	..... 7
나. 생활폐기물 처리 현황	..... 8
다. 생활폐기물 성상별 발생특성	..... 11
2. 대구광역시 소각시설 운영 현황 및 문제점	..... 13
가. 대구광역시 소각시설 운영 현황	..... 13
나. 대구광역시 소각시설 문제점	..... 20

### 제3장 타 소각시설의 운영실태와 시사점

1. 국내 소각시설	..... 25
가. 국내 생활폐기물 소각시설 운영현황	..... 25
나. 반입폐기물 발열량 및 조성변화	..... 28
다. 발열량 증가원인과 문제점	..... 29
라. 소각시설 운영개선 및 발열량 증가대책	..... 31

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

2. 국외 소각시설 .....	34
가. 덴마아크 코펜하겐 Amager 소각장 .....	35
나. 프랑스 파리 Saran 소각장 .....	35
3. 시사점 .....	36

## **제4장 대구광역시 소각시설 개선방안**

1. 소각시설 운영개선 방안 .....	41
가. 음식물쓰레기 및 하수슬러지 등과 생활폐기물의 혼합소각 .....	41
나. 폐가구류, 플라스틱류 등 고발열량 폐기물 반입억제 및 폐기물의 균질혼합 실시 ..	41
다. 폐기물 저장조에 물분사설비 추가설치 .....	41
라. 소각로 연소실내 온도조절 .....	42
2. 소각시설 설비개선 방안 .....	42

## **제5장 폐기물의 열적처리기술**

1. 폐기물의 열적처리기술 및 시설계획 .....	45
2. 스토파(화학자) 소각로 .....	47
가. 원리 .....	47
나. 본체(연소실)의 구조 및 형식 .....	47
다. 스토파 소각로 장·단점 .....	49
3. 유동상 소각로 .....	50
가. 원리 .....	50
나. 구조 .....	51
다. 유동상 소각로의 장·단점 .....	53
4. 열분해가스화 용융방식(신기술) .....	54
가. Kiln식 R21 열분해용융시스템 .....	55
나. 유동상 가스화용융시스템 .....	57

## 차 례

다. Pusher식 열분해용융시스템 .....	58
라. Shaft로 방식 .....	60
제6장 신규시설 소각처리방식 검토	
1. 소각처리방식 비교검토 .....	65
가. 소각처리방식의 선정과정 .....	65
나. 대표적인 기존 소각방식비교 .....	66
다. 열분해가스화용융방식의 비교 .....	67
라. 기존 소각방식과 열분해가스화용융방식의 비교 .....	75
2. 신규시설 소각처리방식 검토 .....	76
제7장 신규시설 추정사업비 및 사업추진방안 검토	
1. 추정사업비 .....	81
가. 스토카식 소각로 .....	81
나. 열분해용융방식 .....	82
2. 사업추진방안 .....	84
가. 기본방향 .....	84
나. 사업추진절차 .....	84
3. 사업추진방안 비교 검토 .....	88
제8장 칠곡지역 생활폐기물 소각시설 예정부지 활용방안	
1. 개요 .....	93
2. 대구시 소각시설 운영현황 및 실태 .....	93
3. 소각시설 예정부지 활용방안 .....	94
가. 해당 지자체의 입장 .....	94

**대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

나. 부지 활용방안 .....	94
4. 대구시 추가 소각용량의 확보방안 .....	95
<참고문헌> .....	99



표차례

<표 2-1> 대구광역시 폐기물 발생량변화 추이	8
<표 2-2> 생활폐기물(사업장생활계 포함) 처리현황	9
<표 2-3> 구·군별 생활폐기물 발생 및 처리현황	10
<표 2-4> 생활폐기물(사업장생활계 포함) 성상별 발생특성	11
<표 2-5> 대구광역시 폐기물 소각시설 현황	13
<표 2-6> 대구광역시 생활폐기물 소각시설 설계기준	14
<표 2-7> 대구광역시 소각시설 반입 생활폐기물 성분분석 (2005년도)	15
<표 2-8> 월별 생활폐기물 소각량 및 가동일수 (2005년)	16
<표 2-9> 연도별 가동일수 및 평균가동률	16
<표 2-10> 월별 소각열 발생 및 이용 현황 (2005년)	18
<표 2-11> 월별 대기오염물질 배출농도 현황 (2005년)	19
<표 2-12> 연도별 생활폐기물 발열량 및 일평균 소각량 (2005년)	20
<표 2-13> 연도별 생활폐기물 삼성분 현황	22
<표 3-1> 연도별 국내 생활폐기물 소각시설 반입폐기물 발열량 변화	26
<표 3-2> 대형 생활폐기물 소각시설 가동 현황 (2004년)	27
<표 3-3> 생활폐기물 발열량과 조성비 변화	28
<표 3-4> 생활폐기물 발열량 설계기준 초과 현황	29
<표 3-5> 반입 폐기물 발열량 및 음식물 비율 현황	30
<표 3-6> 국내 소각시설별 발열량 증가사유 및 대책	33
<표 3-7> 덴마아크 코펜하겐 Amager 소각장 성능개선 전·후의 운전자료	35
<표 3-8> 프랑스 파리 Saran 소각장 성능개선 전·후의 운전자료	36
<표 4-1> 국내 소각시설 운영기간	42

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

<표 5-1> 스토카 소각로 방식의 장·단점 .....	50
<표 5-2> 유동상 소각로 방식의 장·단점 .....	54
<표 6-1> 대표적인 기존 소각방식 비교 .....	66
<표 6-2> 열분해가스화용융방식 비교 .....	70
<표 6-3> 기존 소각방식과 열분해용융방식 비교 .....	75
<표 6-4> 일본에서의 생활폐기물 처리시설 발주형태 .....	77
<표 7-1> 최근 발주 스토카식 소각로 소요사업비 .....	81
<표 7-2> 연차별 사업비 조달계획(스토카식 소각로) .....	82
<표 7-3> 최근 발주 열분해용융시설 소요사업비 .....	82
<표 7-4> 연차별 사업비 조달계획(열분해용융시설) .....	83
<표 7-5> 사업추진방안 비교검토 .....	88
<표 7-6> 열분해용융시설 사업추진방식 .....	90



## 그림차례

<그림 2-1> 대구광역시 생활폐기물 소각처리장 전경	13
<그림 2-2> 연도별 가동일수 및 평균가동률	17
<그림 2-3> 연도별 생활폐기물 발열량 변화 추이	21
<그림 2-4> 연도별 소각량 변화 추이	21
<그림 2-5> 생활폐기물의 발열량 증가 원인	22
<그림 5-1> 열적처리기술의 기술체계도	45
<그림 5-2> 전형적인 소각로 본체구조	48
<그림 5-3> 스토카에서의 로 본체형식	49
<그림 5-4> 유동층 소각로 구조	52
<그림 5-5> 연소용 공기의 분산장치구조	53
<그림 5-6> Kiln식 R21 열분해용융시스템(예시)	56
<그림 5-7> 유동상 가스화 용융로(예시)	58
<그림 5-8> Pusher식 열분해용융시스템 흐름도(예시)	59
<그림 5-9> Shaft로 방식 Process(예시)	61
<그림 6-1> 소각방식의 선정과정	65
<그림 6-2> 열분해용융기술의 기대효과	76
<그림 7-1> 사업추진절차(기타공사)	84
<그림 7-2> 사업추진절차(설계·시공 일괄입찰)	85
<그림 7-3> 사업추진절차(민간투자사업-민간제안)	86
<그림 7-4> 사업추진절차(민간투자사업-정부고시)	87
<그림 8-1> 칠곡지역 소각시설 예정부지 전경 (구민운동장)	93
<그림 8-2> 도시계획시설의 결정변경 절차	95

## 요약

대구광역시 생활폐기물 소각시설에 반입되는 폐기물 발열량은 2005년도 평균값이 당초 설계기준(고질) 2,200kcal/kg을 약 30% 초과한 2,874kcal/kg으로 조사되었고, 소각시설의 2005년도 가동현황은 평균 가동일수가 310일, 일평균 소각량은 437톤, 평균 가동률은 75%로 조사되었다.

또한, 최근 4년 동안 소각시설로 반입되는 생활폐기물 발열량은 계속 증가하고 있으며, 소각시설의 일평균 소각량 및 평균 가동률은 계속 감소하고 있는 것으로 나타났다.

고발열량 생활폐기물 반입으로 인한 소각시설 가동률 저하 문제는 대구광역시 뿐만 아니라 타 지자체 소각시설에서도 공통적으로 제기되고 있는 상황으로 지자체마다 소각시설 운영 및 운전방법 등을 임시적이고 보조적인 방안으로 개선하여 대처하고 있으나, 그 효과는 미미한 것으로 나타났다.

최근에는 1990년도 초반에 설계 및 건설되어 운영기간이 10년 이상 경과한 소각시설을 중심으로 소각량 감소에 의한 가동률 저하 문제를 근본적으로 해결하기 위하여 기존시설을 전면철거하고 신규시설을 설치하는 방안이 적극 검토/실행되고 있다.

대구광역시 소각시설의 경우에도 고발열량 생활폐기물 소각으로 인한 소각량 감소 문제를 해결하기 위하여 음식물쓰레기 및 하수슬러지 혼합소각, 고발열량 폐기물 반입억제, 폐기물저장조에 물분사 설비 추가설치, 연소실내 온도조절 등의 방안을 검토하여 볼 수 있으나, 약 14년(1호기)이 경과한 운영기간을 고려하면 기존시설을 전면철거하고 신규시설을 새로이 설치하는 방안이 가장 효율적인 방안이라 하겠다.

기존 소각시설을 대체할 신규시설의 소각처리 방식으로는 대구광역시 생활폐기물 특성에 가장 적합하고 기술적으로 높은 신뢰성과 내구성을 확보하고 있으며, 증기 및 전력 등 에너지회수율이 높은 스토카식 소각로, 유동상식 소각로 및 열분해가스화용융 설비 등을 비교 검토한 결과, 건설비용이 다소 많이 소요되지만 대기오염물질 및 소각재 등에 의한 2차적인 환경오염이 거의 없고, 이미 국내 생활폐기물 처리시설로 일부 지자체에 적용되어 기술적 신뢰성을 확보한 열분해가스화용융방식으로 채택하는 것이 바람직하다 하겠다.

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

칠곡지역 생활폐기물 소각시설 예정부지는 도시계획시설결정변경을 통하여 대구시의 정책방향에 부합하면서 지역에 필요한 시설 및 공간으로 활용하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 부지 활용방안의 재검토 및 기본계획 수립과 함께 해당 부지에 대한 도시계획시설결정변경 절차를 이행하고, 결정된 내용을 예산 반영하여 시행토록하여야 한다. 또한 본 소각시설 예정부지의 용도변경에 따른 추가 소각용량의 확보를 위해서 새로운 소각시설 건설을 위한 대체부지의 확보가 필요할 것으로 판단되며, 만일 대체부지의 확보가 어려울 경우에는 기존 시설예정부지의 매각을 통해 기 가동 중인 소각시설의 증설 비용을 마련하는 등의 방안을 고려함으로써 대구시의 폐기물 정책에 부합할 수 있을 것이다.

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

서 론

제 1 장

# 제1장

---

## 서 론

### 1. 연구의 배경 및 필요성

대구광역시의 생활폐기물 발생량은 2004년 현재 하루에 2,638톤이 발생하고 있다. 1995년 2,720톤에 비해 조금 감소하였다. 이 중에서 소각 처리한 양은 1995년 하루 172톤 이었으나, 2004년 소각한 생활폐기물 양은 약 400톤(15.7%)에 이르고 있다.

2004년 현재 우리나라와 대구광역시의 소각률을 살펴보면 약 16%와 15.7%이나, 국가 폐기물 관리 종합 계획과 대구광역시 폐기물 처리 기본계획에 따르면 2011년까지 소각률을 각각 30%와 22%로 증가할 것으로 설정하고 있다. 대구광역시의 생활폐기물 발생량에 비해서 소각시설이 많이 부족한 실정이다.

대구광역시는 달서구 장동에 대형소각로 3기를 운영 중에 있다. 최초 설계 시는 1기당 하루 200톤 처리용량으로 하루 전체 600톤을 처리하는 것으로 계획하였다. 하지만 최근 발생하고 있는 생활폐기물의 발열량 증가와 배출가스 법적규제의 엄격화로 인하여 생활폐기물 처리용량이 최초 설계 치에 못 미치고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 대구광역시 소각시설이 가지고 있는 문제점 등을 분석·파악하여 운영 효율을 향상시키기 위한 방안을 모색해 보고자 한다.

### 2. 연구의 범위와 내용

본 연구의 시간적 범위는 2004년-2005년 기준이고, 공간적 범위는 대구광역시, 내용적 범위는 대구광역시 소각시설의 문제점을 알아보고 시사점을 도출하여 대구광역시 생활폐기물 처리 시설의 방향성을 제시함과 동시에 현재 소각시설이 안고 있는 문제점을 해결하고 소각시설의 효율 향상을 위한 기술적인 제언을 하는 것이다.

연구의 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

제1장에서는 연구의 배경과 필요성, 그리고 연구 범위 및 내용, 기대효과 등을 담고 있다.

제2장에서는 대구광역시 소각시설 운영현황 및 문제점에 대하여 살펴보고,

제3장에서는 타 소각시설의 운영실태와 시사점을 확인하고자 한다.

제4장에서는 대구광역시 소각시설의 개선방안을 도출하고,

제5장에서는 폐기물의 열적처리기술에 대하여 검토한 후,

제6장에서는 신규시설 소각처리방식에 대하여 검토하고자 한다.

### 3. 기대효과

본 연구의 기대효과로는 우선 생활폐기물 소각시설의 관리·운영 기초자료를 확보하고, 현재 소각시설의 문제점을 도출하여 해결방안을 제시함으로서 소각시설의 체계적 관리를 위한 기초 자료를 제시함과 동시에 소각시설의 효율적인 운영방안을 제시한다.

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

대구광역시 소각시설 운영 현황 및 문제점

제 2 장

## 제2장

### 대구광역시 소각시설 운영 현황 및 문제점

#### 1. 대구광역시 폐기물 발생 및 처리현황

생활계 폐기물 (생활폐기물 + 사업장 생활폐기물), 사업장 배출시설계 폐기물, 건설폐기물, 지정 폐기물 등으로 구분하여 대구광역시의 폐기물 발생 및 처리현황을 살펴보면 다음과 같다.

##### 가. 폐기물 발생량 현황

대구광역시 폐기물 1일 발생량을 1996년부터 2004년까지 9년간의 통계자료를 기초로 하여 살펴보면, 1996년 6,255톤의 폐기물이 발생하였는데, 생활계폐기물 2,652톤, 사업장배출시설계 폐기물 1,972톤, 건설폐기물 1,196톤, 지정폐기물 435톤이 발생하였다.

그리고, 2004년 기준 폐기물 1일 발생량은 총 10,746톤이 발생하였으며, 그중에서 생활계폐기물이 2,638톤(24.6%), 사업장배출시설계 폐기물 2,550톤(23.7%), 건설폐기물 5,330톤(49.6%), 지정폐기물 228톤(2.1%)이 발생하였다. 그리고, 전체 폐기물중에서 건설폐기물이 49.6%로 가장 큰 비율을 나타내었다.

2004년도 생활폐기물(사업장생활계 포함) 발생량은 총 폐기물 발생량의 24.6%에 해당하는 2,638톤/일로 매년 생활폐기물(사업장생활계 포함)의 비율이 소폭 감소추세에 있다. 2004년도 사업장배출시설계폐기물 발생량은 2,550톤/일로 총 폐기물 발생량의 23.7%를 차지하고 있으며, 계속증가를 보이고 있으며, 건설폐기물 발생량은 총 폐기물 발생량의 49.6%에 해당하는 5,330톤/일로 매년 꾸준한 증가세를 보여 총 폐기물 발생 증가의 주요인이 되고 있다.

&lt;표 2-1&gt; 대구광역시 폐기물 발생량변화 추이

(단위 : 톤/일)

구 분	계	생활폐기물 (사업장생활계폐기 물 포함)	사업장 배출시설계 폐기물	건설 폐기물	지정 폐기물
1996	6,255	2,652	1,972	1,196	435
1997	9,594	2,745	1,991	4,064	794
1998	6,865	2,563	1,937	2,180	185
1999	8,590	2,664	2,894	2,871	161
2000	8,142	2,642	2,815	2,485	201
2001	9,316	2,640	2,607	3,485	584
2002	9,730	2,642	2,650	4,024	415
2003	10,735	2,641	2,303	5,477	314
2004	10,746 (100%)	2,638 (24.6%)	2,550 (23.7%)	5,330 (49.6%)	228 (2.1%)

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2005

## 나. 생활폐기물 처리 현황

대구광역시의 생활폐기물(사업장생활계 포함) 처리방법별 처리내역을 연도별로 살펴보면 1997년 발생된 생활폐기물(사업장생활계 포함)의 처리는 매립 74.6%, 소각 6.3%, 재활용 19.1%로 매립에 의한 비율이 월등히 높았지만 2004년에는 매립 37.7%, 소각 14.5%, 재활용 47.8%로 매립비율은 대폭 감소하고, 소각 및 재활용 비율은 크게 증가하였다. 이는 매립시설 확보의 어려움 등으로 인해 매립량 저감정책과 재활용 및 소각 처리 증가정책을 동시에 시행한 결과로 판단된다.

2004년 대구광역시 생활폐기물(사업장생활계 포함) 처리량을 보면 재활용 1,261톤/일(47.8%), 매립 994톤/일(37.7%), 소각 383톤/일(14.5%)순으로 나타났다.

&lt;표 2-2&gt; 생활폐기물(사업장생활계 포함) 처리현황

(단위 : 톤/일)

구 분	생활폐기물(사업장생활계 포함) 발생량	처리방법		
		매립	소각	재활용
1997	2,745	2,048	174	523
1998	2,563	1,527	319	717
1999	2,664	1,331	440	892
2000	2,642	1,242	409	991
2001	2,640	1,049	483	1,108
2002	2,642	1,098	432	1,112
2003	2,641 (100%)	1,069 (40.5%)	401 (15.2%)	1,171 (44.3%)
2004	2,638 (100%)	994 (37.7%)	383 (14.5%)	1,261 (47.8%)

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2005

자치구·군별 생활폐기물 발생 및 처리현황을 아래의 <표 2-3>에 나타내었다. 2004년 구·군별 폐기물 발생량은 달서구에서 448톤/일(전체 발생량의 17%)로 가장 많은 것으로 집계되었다. 총 폐기물 발생량 중 생활폐기물(사업장생활계 포함)의 발생량이 차지하는 비율이 낮은 지역은 중구 135톤/일(전체 발생량의 5.1%)와 남구 124톤/일(전체 발생량의 4.7%)로 나타났다.

&lt;표 2-3&gt; 구·군별 생활폐기물 발생 및 처리현황

(단위 : 톤/일)

구 분		발생량 및 처리현황	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
계	처리방법	발생량	2744.9	2,563.2	2,664.3	2,642.1	2,640	2,642	2,641	2,638
		매립	2047.9	1,5266	1,331.3	1,242	1,048.5	1,097.6	1,069	994
		소각	173.7	319	440.4	409.1	483.5	432.4	401	383
		재활용	523.3	717.6	892.6	991	1,108	1,112	1171	1,261
중 구	처리방법	발생량	253	211	214	201	220	216	189	135
		매립	178	131	145	136	148	139	100	42
		소각	2.4	15	1	1	0	0	25	26
		재활용	73	64	68	66	73	77	64	67
동 구	처리방법	발생량	323	281	280	276	303	297	298	259
		매립	248	201	153	180	187	180	151	80
		소각	2	10	45	2	0	0	35	50
		재활용	74	70	81	94	116	116	112	129
서 구	처리방법	발생량	329	372	315	314	327	313	306	252
		매립	274	196	146	132	77	65	88	62
		소각	4	35	43	48	94	90	61	40
		재활용	52	141	126	135	156	158	157	150
남 구	처리방법	발생량	244	220	209	205	217	212	187	124
		매립	163	99	83	38	53	45	51	47
		소각	22	52	61	97	85	81	60	29
		재활용	58	69	65	69	80	87	76	48
북 구	처리방법	발생량	555	558	632	566	505	513	481	417
		매립	482	424	416	379	251	245	214	119
		소각	2	7	5	7	49	60	65	75
		재활용	71	127	212	180	204	208	202	223
수성구	처리방법	발생량	445	389	427	438	430	438	410	270
		매립	343	211	157	146	105	112	138	91
		소각	7	57	107	102	130	123	85	57
		재활용	96	122	164	190	195	203	187	123
달서구	처리방법	발생량	47	413	459	507	512	517	525	448
		매립	267	199	180	165	163	237	244	120
		소각	133	128	145	142	126	79	60	76
		재활용	70	86	134	199	223	201	222	253
달성군	처리방법	발생량	126	121	129	135	126	138	246	215
		매립	94	67	52	66	64	75	83	40
		소각	2	15	33	11	0	1	10	25
		재활용	30	39	43	58	62	62	152	149

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2005

#### 다. 생활폐기물 성상별 발생특성

2004년 생활폐기물(사업장생활계 포함) 성상별 발생량은 2,638톤/일 중에서 가연성이 전체의 63.1%(1,665.1톤/일), 불연성이 전체의 9.2%(241.9톤/일), 재활용품이 27.7%(731톤/일)로 나타났다.

가연성 중에서 음식물 및 채소류가 33%(550톤/일)로 가장 많이 차지하였으며, 그 다음으로는 종이류가 24.3%(404톤/일)로 많이 발생한 것으로 집계되었다.

각 연도별로 성상별 발생추이를 보면 대체적으로 가연성 발생비율은 거의 일정, 불연성 발생비율은 감소, 재활용품 비율은 꾸준한 증가추세를 보이고 있다.

음식물 및 채소류의 경우 1996년 이후 감소추세를 보이고 있다가, 2000년 이후로는 550톤 정도 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 2-4> 생활폐기물(사업장생활계 포함) 성상별 발생특성

(단위 : 톤/일)

구분	제	가연성						
		소계	음식물 채소류	종이류	나무류	고무 피혁류	플라스틱류	기타
1996	2,652 (100%)	1,675.0 (63.2%)	776.0	396.0	129.0	44.0	127.0	203.0
1997	2,744.9 (100%)	1,727.3 (62.9%)	689.8	398.0	171.4	84.9	145.2	238.0
1998	2,563.2 (100%)	1,627.5 (63.5%)	580.0	302.4	210.1	176.5	186.1	172.4
1999	2,664.3 (100%)	1,685.1 (63.2%)	560.0	361.8	158.2	94.5	305.5	205.1
2000	2,642.1 (100%)	1,690.8 (64.0%)	555.0	381.3	158.9	109.4	309.7	176.5
2001	2,642.1 (100%)	1,690.8 (64.3%)	555.0	406.7	184.5	110.2	256.3	189.9
2002	2,642.0 (100%)	1,738.0 (65.8%)	550.0	377.4	229.4	108.4	246.8	226.0
2003	2,641.0 (100%)	1,663.3 (63.0%)	550.0	372.6	253.1	109.0	179.1	199.5
2004	2,638.0 (100%)	1,665.1 (63.1%)	550.0	404.0	238.7	134.1	131.2	206.3

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2005

&lt;표 2-4&gt; 계속

(단위 : 톤/일)

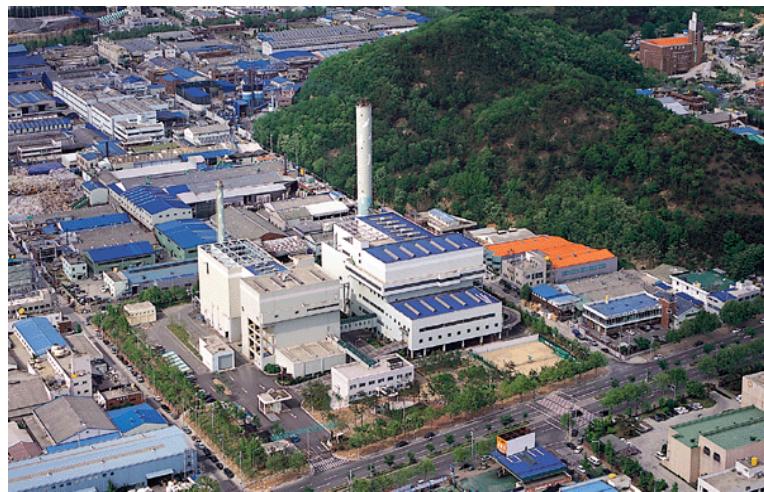
구분	불연성					재활용품
	소계	연탄재	금속 조자류	토사류	기타	
1996	635.0 (23.9%)	269.0	104.0	74.0	188.0	342.0 (12.9%)
1997	584.3 (21.3%)	237.2	116.5	79.8	150.8	433.3 (15.8%)
1998	323.1 (12.6%)	30.6	84.4	89.6	118.5	612.6 (23.9%)
1999	271.6 (10.2%)	35.4	81.3	34.6	120.3	707.6 (26.6%)
2000	210.3 (8.0%)	27.8	70.2	31.2	81.1	741.0 (28.0%)
2001	184.4 (7.0%)	28.3	55.8	25.0	74.4	758.0 (28.7%)
2002	192.0 (7.3%)	20.0	52.0	42.2	77.8	712.0 (26.9%)
2003	256.7 (9.7%)	43.4	53.7	54.4	105.1	720.0 (27.3%)
2004	241.9 (9.2%)	39.6	51.5	52.0	98.8	731.0 (27.7%)

자료 : 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2005

## 2. 대구광역시 소각시설 운영 현황 및 문제점

### 가. 대구광역시 소각시설 운영 현황

대구광역시내 설치·운영중인 대형 생활폐기물 소각시설은 달서구 장동에 3기가 있다. 하루 600톤 처리 규모로 설계 되었으며 2000년 11월 1일 이후 이 소각장은 대구광역시 환경시설공단에서 위탁 운영 하고 있다. 소각방식은 스토카식이며, 운영방식은 연속식 방식을 채택하고 있다.



<그림 2-1> 대구광역시 생활폐기물 소각처리장 전경

<표 2-5> 대구광역시 폐기물 소각시설 현황

(2006년 10월기준)

부지면적 (m <sup>2</sup> )	호기별	건축면적 (m <sup>2</sup> )	사업기간	처리용량 (톤/일)	사업비 (억 원)	운영 방식	소각 방식	운영인원 (명)
27,650	1	7,476	'90.9~'93.1	200	180	위탁운영 (대구광역시 환경시설 관리공단)	스토카	58
	2·3	9,503	'95.11~'98.9	400	450			

자료 : 대구광역시, 환경백서, 2005

또한 대구광역시에서는 달성2차 산업단지 내에 2010년 완공 예정인 소각시설(1차70톤/일, 2차80톤/일)을 계획 · 추진중에 있다. 2004년말 대구광역시내 소형소각시설은 54개소로 2003년보다 22개소가 감소되었으며, 앞으로도 대기환경개선을 위해 지속적으로 소형소각시설 관리대책 을 추진하고 있다.

대구광역시 생활폐기물 소각시설의 주요 설계기준은 <표 2-6>와 같다.

&lt;표 2-6&gt; 대구광역시 생활폐기물 소각시설 설계기준

구 분	1호기 소각설비			2,3호기 소각설비		
	고질	기준질	저질	고질	기준질	저질
3 성 분 (%)	수분	38.2	46.9	39.3	42.1	50.4
	회분	15.3	15.1	29.0	9.3	9.3
	가연분	46.5	38.0	31.7	48.6	35.4
소각량 (톤/일)		200	200	200	200	200
발열량 (Kcal/kg)		2,200	1,400	1,000	2,300	1,800
					1,500	1,200

자료 : 대구광역시 환경시설관리공단, 하수 및 소각처리장 기술경영개선용역 보고서, 2005

### (1) 반입 생활폐기물 특성

소각대상 폐기물의 특성에 따라 적절한 폐기물 소각로 및 방지설비를 선정해야 하며 이를 위해서는 소각대상 폐기물에 대한 구체적인 분석이 필요하고 이는 소각시설의 규모와 연소조건 및 방지설비의 규모와 처리조건을 결정하는데 필요한 기초자료가 된다. 2005년 현재, 대구광역시 소각장에 반입되는 생활폐기물의 성상을 살펴보면 평균 수분은 34.44%, 가연분 53.98%, 회분 11.58%로 나타났다. 그리고 평균 비중과 발열량은  $0.25\text{톤}/\text{m}^3$  과 2,874kcal/kg로 각각 나타났다. 이 발열량 수치는 당초의 소각로 설계기준보다 상당히 높음을 알 수 있고, 이는 소각처리량 감소와 밀접한 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

삼성분의 성분분석에서 알 수 있듯이, 음식물 쓰레기의 분리수거 등으로 인하여 계절에 따른 폐기물 성분의 변동 폭은 크지 않은 것으로 나타났다.

&lt;표 2-7&gt; 대구광역시 소각시설 반입 생활폐기물 성분분석 (2005년도)

구 분	비중 (톤/m <sup>3</sup> )	빌열량 (Kcal/Kg)	삼성분			습량기준 물리적 조성					
			수분 (%)	가연분 (%)	외분 (%)	종이류 (%)	나무, 짚 류 (%)	비닐, 플 라스틱류 (%)	음식물 (%)	섬유, 가죽류 (%)	불연물 (%)
계 (평균)	0.25	2,874	34.44	53.98	11.58	20.75	20.87	24.98	13.86	12.64	6.90
'04. 1월	0.25	2,823	35.24	52.69	12.07	25.92	12.73	32.68	5.51	15.88	7.28
2월	0.26	2,849	34.68	52.19	13.13	18.09	10.19	29.92	11.17	21.16	9.47
3월	0.25	2,784	34.86	52.46	12.68	20.65	14.41	26.96	15.74	13.41	8.83
4월	0.25	2,834	34.52	53.82	11.66	21.92	18.30	21.38	17.69	13.07	7.64
5월	0.25	2,894	34.89	53.75	11.36	16.29	22.85	24.21	16.63	13.79	6.23
6월	0.25	2,910	35.20	53.68	11.12	20.66	23.36	22.89	17.04	9.93	6.12
7월	0.25	2,821	35.32	53.85	10.83	26.22	22.34	24.88	10.77	9.70	6.09
8월	0.25	2,714	36.73	51.94	11.33	17.31	19.42	27.32	19.49	9.48	6.98
9월	0.25	2,833	34.46	53.80	11.74	22.86	21.78	25.31	9.63	13.50	6.92
10월	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11월	0.21	3,240	29.30	60.57	10.13	20.43	37.85	18.53	10.61	8.23	4.35
12월	0.23	2,914	33.67	55.04	11.29	17.87	26.30	20.66	18.16	10.86	6.15

자료 : 환경부, 전국소각시설운영현황, 2005

## (2) 소각시설 가동현황

소각로 가동률은 일년간 소각시설이 실제로 가동되고 있는 비율을 의미하며 일반적으로 소각로는 일정 기간 동안 운전 후, 보수 및 점검 등을 위하여 가동을 일시 중단해야 되고 그 기간 동안에 발생되는 생활폐기물을 처리하기 위해 일반적으로 소각시설의 규모를 융통성 있게 조정할 필요가 있다. 따라서 이에 근거하여 시설규모는 계획 처리량을 소각 가동률로 나누어 최종적으로 결정하게 된다.

2005년 기준으로 가동 중인 대구광역시 소각시설의 경우 평균 가동일 수가 310일, 일평균 소각량은 437톤, 평균 가동률은 75%이다. 이는 소각시설의 가동이 정비 및 보수를 위해 연간 약 60일 정도의 중단기간을 제외하면 양호한 가동률을 보이고 있다고 할 수 있으나, 최근 4년 동안 소각시설의 일평균 소각량 및 평균가동률은 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다.

<표 2-8> 월별 생활폐기물 소각량 및 가동일수 (2005년)

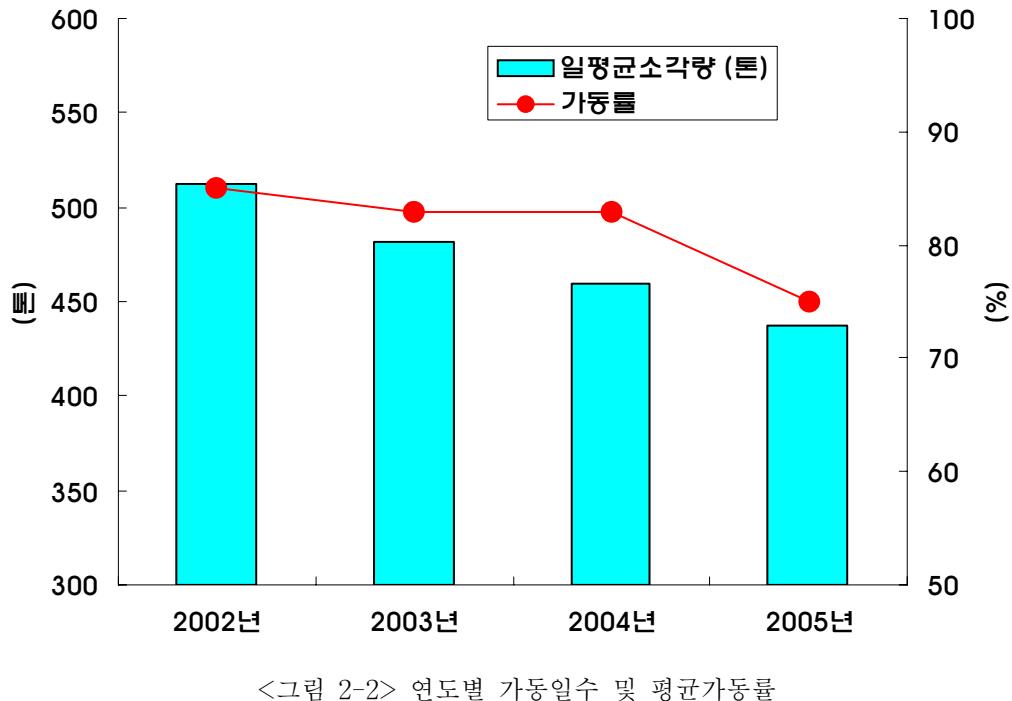
구 분	일평균 소각량 (톤)				가동일수 (일)			
	1호기	2호기	3호기	계	1호기	2호기	3호기	계
1월	150	152	151	453	31.0	28.7	28.9	29.5
2월	149	152	151	451	28.0	28.0	28.0	28.0
3월	149	152	150	451	28.8	31.0	31.0	30.3
4월	149	152	152	452	22.2	23.4	22.8	22.8
5월	149	151	150	450	31.0	31.0	31.0	31.0
6월	144	152	151	447	30.0	30.0	27.2	29.1
7월	138	150	151	438	31.0	28.7	24.8	28.2
8월	131	150	150	432	28.3	31.0	31.0	30.1
9월	133	149	149	431	16.8	16.8	16.8	16.8
10월	128	144	150	420	4.4	4.0	3.9	4.1
11월	134	133	135	401	29.8	30.0	30.0	29.9
12월	130	138	140	408	30.9	30.0	30.4	30.4
총 계	141	148	148	437	312.2	312.6	305.8	310.2

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2006

<표 2-9> 연도별 가동일수 및 평균가동률

구 분	2002년			2003년			2004년			2005년		
	가동 일수 (일)	일평균 소각량 (톤)	평균 가동률 (%)	가동 일수 (일)	일평균 소각량 (톤)	평균 가동률 (%)	가동 일수 (일)	일평균 소각량 (톤)	평균 가동률 (%)	가동 일수 (일)	일평균 소각량 (톤)	평균 가동률 (%)
1, 2, 3 호기	311	512	85	302	482	83	304	459	83	310	437	85

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료 및 환경부 생활폐기물과 자료



### (3) 소각열 발생 및 이용 현황

소각열은 2005년에 총 279,068 Gcal를 생산하여 184,891 Gcal의 열을 판매하여 약 21억 5천 9백만원의 수익이 발생하였고, 27,093 Gcal를 발전에 사용하여 2,523 MWH의 전력을 생산하였다.

&lt;표 2-10&gt; 월별 소각열 발생 및 이용 현황 (2005년)

구 분	열생산량 (Gcal)	이용현황					자체사용량 (Gcal)	
		열공급			전력생산			
		량 (Gcal)	판매단가	판매액 (천원)	사용량 (Gcal)	생산 (MWh)		
계(평균)	279,068	184,891	11,680	2,159,575	27,093	2,523	67,084	
1월	27,334	19,783	11,086	219,314	0	0	7,551	
2월	26,100	20,141	11,699	235,630	0	0	5,959	
3월	27,946	21,891	11,699	256,103	0	0	6,055	
4월	20,820	14,127	11,699	165,272	2,430	217	4,263	
5월	28,501	22,688	11,699	265,427	233	15	5,580	
6월	26,336	14,427	11,699	168,781	5,861	467	6,048	
7월	25,735	13,305	11,699	155,655	5,833	553	6,597	
8월	27,809	11,922	11,847	141,240	7,883	792	8,004	
9월	15,042	7,502	11,847	88,876	3,489	337	4,051	
10월	3,427	2,653	11,847	31,430	0	0	774	
11월	24,518	16,637	11,847	197,099	1,285	137	6,596	
12월	25,500	19,815	11,847	234,748	79	5	5,606	

#### (4) 환경오염물질 관리 현황

환경오염물질 관리 현황을 살펴보면, 황산화물의 연 평균 배출농도는 3.92 ~ 0.87 ppm, 질소 산화물은 22.32 ~ 19.19 ppm, 염화수소는 4.65 ~ 1.31 ppm, 일산화탄소는 17.97 ~ 9.98 ppm, Dust는 3.86 ~ 3.01 mg/m<sup>3</sup>로 법적 규제치를 하회하는 양호한 수준으로 조사되었으나, 2,3호기의 배출농도와 비교하여 상대적으로 1호기의 배출 농도 값이 높게 나타났다. 특히 2002년부터 배출가스 원격감시시스템(TMS)이 구축되어 환경오염물질의 연평균 배출 농도 값보다는 5분, 30분 평균 배출 농도 값이 소각시설 운영상 더욱 중요한 의미를 갖게 되었다.

## &lt;표 2-11&gt; 월별 대기오염물질 배출농도 현황 (2005년)

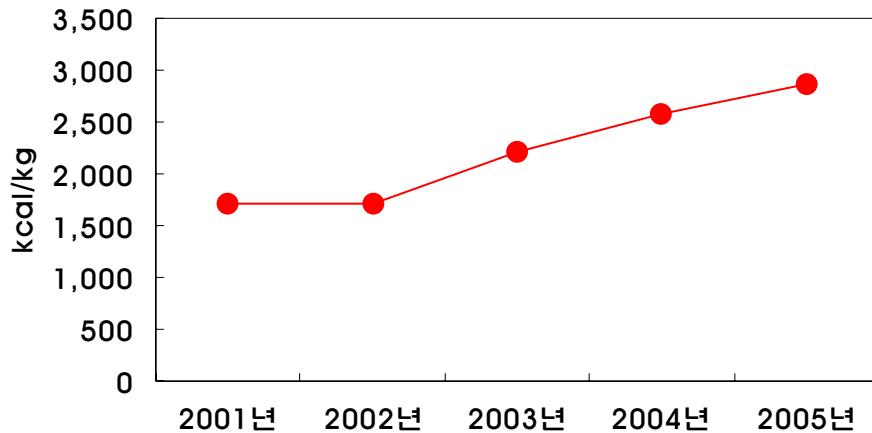
구 분	황산화물(ppm)			질소산화물(ppm)			염화수소(ppm)			일산화탄소(ppm)			Dust(mg/S m <sup>3</sup> )		
	1호기	2호기	3호기	1호기	2호기	3호기	1호기	2호기	3호기	1호기	2호기	3호기	1호기	2호기	3호기
계(평균)	3.92	1.42	0.87	22.32	16.89	19.19	4.65	1.31	1.26	17.97	7.40	9.98	3.86	3.79	3.01
1월	2.86	0.00	0.00	20.56	31.75	28.07	2.63	3.08	1.76	17.19	0.00	0.00	3.21	3.78	5.98
2월	2.58	0.00	0.00	22.58	19.48	14.02	2.43	1.89	1.08	17.90	2.03	1.93	3.04	5.30	5.62
3월	3.16	0.00	0.00	17.62	13.17	12.69	3.41	0.53	0.42	16.24	7.73	9.81	5.03	4.27	3.39
4월	3.44	3.43	0.00	22.34	15.21	17.29	5.36	0.41	0.46	14.65	16.88	16.49	4.20	2.51	2.09
5월	3.16	0.00	4.83	28.39	9.27	11.32	5.87	0.73	1.02	17.26	12.89	24.52	2.54	1.38	2.79
6월	2.50	0.00	0.00	30.84	20.58	19.41	5.53	0.62	1.07	19.25	3.64	6.87	2.40	0.92	1.31
7월	1.78	0.00	0.00	26.34	12.73	23.35	4.10	0.43	1.11	18.43	10.51	7.01	3.01	2.16	1.45
8월	1.83	0.00	0.00	26.04	13.07	24.88	4.72	0.71	1.09	18.08	1.18	1.15	2.78	2.14	1.71
9월	4.16	0.00	0.00	26.15	25.09	13.32	4.53	1.58	1.02	16.62	0.00	4.88	2.75	3.49	2.81
10월	9.14	4.72	1.51	16.90	12.78	27.48	9.79	점검	0.66	23.89	15.05	20.71	5.61	10.50	5.53
11월	6.36	4.80	1.91	19.22	13.39	18.65	4.39	1.50	1.80	20.38	7.98	12.37	5.49	6.07	1.85
12월	6.11	4.04	2.22	10.84	16.12	19.78	2.99	2.98	3.60	15.78	10.95	14.00	6.27	2.90	1.54

## 나. 대구광역시 소각시설 문제점

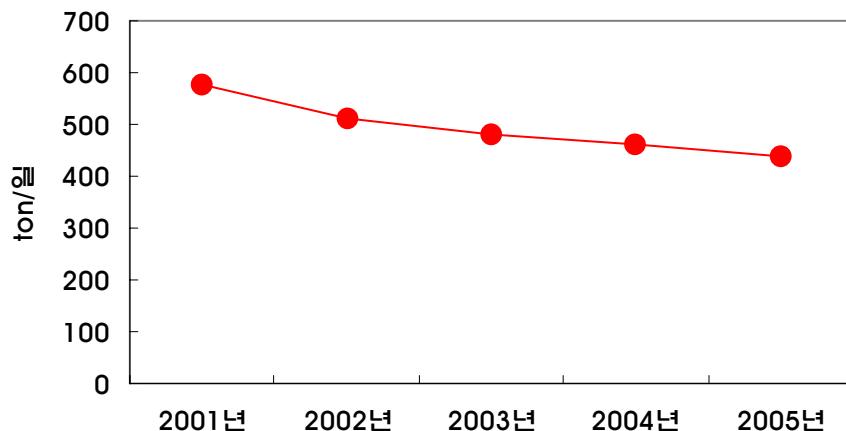
대구광역시 소각시설이 안고 있는 문제점은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 생활폐기물의 발열량 증가와 또 다른 하나는 생활폐기물의 하루 소각량 감소이다. 최근 5년 동안 대구광역시 소각시설의 연도별 생활폐기물 발열량과 소각량 변화의 추이를 살펴보면 2001년도에 폐기물 소각량과 발열량은 각각 576 톤/일과 1,706 kcal/kg 이었다. 이 이후로 2002년까지 폐기물 발열량은 큰 변화는 없었으나 2002년 이후로 계속하여 발열량이 증가하여 2005년 현재 2,874 kcal/kg에 이르고 있는 실정이고, 이것은 소각시설의 당초 설계기준치를 훨씬 웃돌고 있는 상황이다. 또한, 생활폐기물 소각량은 2001년 이후로 계속 감소하여 2005년 현재, 하루에 평균 437톤을 소각처리하고 있다. 즉 초기설계 시는 하루에 600톤을 처리하는 것으로 하였으나 현재는 약 73%만 소각처리 하고 있다고 볼 수 있다. 2002년 이후로 생활폐기물 발열량의 증가와 더불어 소각량은 계속하여 해마다 감소하는 추세를 보였다. 2002년도에는 폐기물 소각량이 2001년에 비해서 11.1%가 감소하였고, 2003년에는 16.3%, 2004년에는 20.1%, 2005년에는 24.1%로 해마다 평균 약 4~5%씩 감소하였다. 연평균 생활폐기물 발열량이 지속적으로 증가하여 초기 발열량 설계 기준치보다 더 높게 나타남으로써 폐기물 소각량이 상당히 제한을 받고 있다. 그리하여 이에 대한 대책이 매우 시급한 실정이다.

<표 2-12> 연도별 생활폐기물 발열량 및 일평균 소각량 (2005년)

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
발열량(kcal/kg)	1,706	1,703	2,206	2,571	2,874
일평균소각량 (ton/일)	576	512	482	460	437



&lt;그림 2-3&gt; 연도별 생활폐기물 발열량 변화 추이

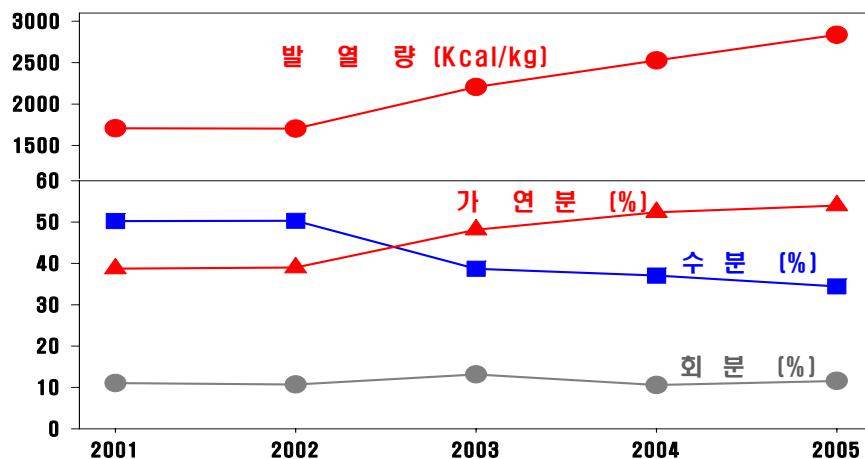


&lt;그림 2-4&gt; 연도별 소각량 변화 추이

생활폐기물 발열량 증가에 대해서 자세히 살펴보면 아래의 <표 2-13> 및 <그림 2-5>에서와 같이 2001년 이후 생활폐기물 회분함량의 변화는 거의 없으나 수분함량은 계속 감소하였고, 가연분량은 계속 증가하였다. 이는 생활폐기물 발열량 증가의 원인이 음식물류의 분리수거로 인한 수분함량 감소와 종이류/나무(목재)류의 반입증가에 따른 가연분함량 증가에 있음을 알 수 있다.

&lt;표 2-13&gt; 연도별 생활폐기물 삼성분 현황

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
수분(%)	50.24	50.31	38.70	37.04	34.44
가연분(%)	38.73	38.98	48.16	52.37	53.98
회분(%)	11.03	10.71	13.14	10.59	11.58



&lt;그림 2-5&gt; 생활폐기물의 발열량 증가 원인

<표 2-12>와 <표2-13>에서 알 수 있듯이, 2002년도에는 생활폐기물의 조성에 큰 변화는 없었으나 생활폐기물 소각량이 감소 한 것을 알 수 있다. 이는 소각시설 굴뚝에 배출가스원격감시시스템(TMS : Tele-Monitoring System)을 설치/운영하여 환경오염물질 배출농도를 5분 및 30분 데이터로 규제하면서 소각시설의 소각부하가 감소한 것으로 판단된다.

또한, 생활폐기물 발열량 증가로 인한 소각설비의 기계적 문제점으로는 고온부식 등으로 인한 폐열보일러 등 주요 기계설비의 수명단축 및 유지보수 비용 증가, 고온에 의한 내화물의 스팔링(Spalling) 현상 발생, 비산분진 Melting 현상에 의한 클링커 생성, 로내 온도상승 및 연소 가스량 증가로 대기오염물질 처리효율 감소 및 배출가스량 증가 등이 대두 되고 있다.

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

타 소각시설 운영실태와 시사점

**제 3 장**

## 제3장

### 타 소각시설 운영실태와 시사점

#### 1. 국내 소각시설

지금까지 대구광역시 생활폐기물 소각시설이 안고 있는 문제점에 대해서 살펴보았다. 그러나 2000년 이전에 설치되어 가동되고 있는 국내 생활폐기물 소각시설의 경우, 대부분 현재 대구광역시에서 발생되고 있는 현상과 유사한 문제점을 안고 있지만, 그를 해결하기 위한 성능개선 사례는 아직 없는 실정이다. 국내 소각장을 건설한 각 업체에서도 최근 이에 대하여 긍정적으로 검토하기 시작하였지만, 아직 구체적인 방법에 대하여는 제시된 예가 없는 실정이다. 이렇듯 이 전국의 다른 지역에서도 겪고 있는 공통된 문제점이라고 볼 수 있다.

##### 가. 국내 생활폐기물 소각시설 운영현황

현재, 전국 생활폐기물 소각시설에 반입되는 폐기물 발열량은 2005년 음식물쓰레기 반입금지와 생활습관의 서구화로 인하여 급속히 상승하고 있다. 과거 소각로 설계의 주요 인자중 하나는 반입되는 저발열량 생활폐기물의 조연연료량을 최대한 감소시키는 데 있었기 때문에 실제 고질 생활폐기물 반입 시에는 소각설비 특성을 발휘하기 어려운 상황에 직면하였다. 조연범위를 고려한 저질 생활폐기물 소각 위주의 설계에서 조연연료 감소를 위해서 내화재 높이, 냉각 용 2차 연소용 공기량 등을 선정하게 되는데 고질의 생활폐기물 소각 시에는 소각로 내의 고온화가 불가피하고 이대로 장기간 운전을 할 시에는 소각로내의 고온화에 의한 소각설비의 파로도가 가중되고 성능저하 및 수명단축을 초래할 것이다. 또한 반입폐기물의 고발열량에 따라 연소실의 출구온도가 상승하여 연소실 출구의 연소가스 온도를 강하해야 할 필요성이 요구 된다.

&lt;표 3-1&gt; 연도별 국내 생활폐기물 소각시설 반입폐기물 발열량 변화

구분	전국 소각장 발열량 (Kcal/kg)		삼성분 (%)			비고 (가동소각장)
	평균	최대	가연분	수분	회분	
1997	1,496	2,001	35	54	11	10개 소각장
1999	1,511	2,019	36	53	11	15개 소각장
2001	1,578	2,981	40	50	10	27개 소각장
2002	1,945	3,403	43	47	10	29개 소각장
2003	2,243	3,546	47	42	11	33개 소각장
2004	2,336	3,482	49	41	10	35개 소각장

자료 : 대구광역시 환경시설관리공단, 하수 및 소각처리장 기술경영개선용역 보고서, 2005

2004년 말 현재, 지방자치단체에서 설치·운영중인 대형 생활폐기물 소각시설은 총 35개소이며, 소각용량은 10,218 톤/일이다. 2004년에 총 2,188 천톤을 소각처리, 운영비로 총 1,454억원이 지출 되었으며, 폐기물 1톤당 평균 79천원(최소 33천원~최대 166천원)의 처리비용이 소요되었다. 소각시설로부터 소각재는 388 천톤(바닥재 324 천톤, 비산재 64 천톤)이 발생하여 108 억원의 처리비용을 지출하였다.

35개의 소각시설의 평균 가동률은 78.9% 수준이나, 서울(노원, 양천, 강남), 경기(군포, 파주), 제주(산북) 등 6개 소각시설의 평균 가동률은 39.7%에 불과하였다. 이들 소각시설의 가동률 저하 요인은 반입되는 생활폐기물량의 부족에 기인한 것이다. 서울 3개소 소각시설의 경우에는 재활용 증가 및 음식물 쓰레기 자원화에 따른 반입폐기물 감소 및 지역 주민들의 반대로 타 자치구 폐기물의 반입이 금지되고 있고, 시설규모 결정이후 종량제 실시에 따라 폐기물 발생량이 감소하였다. 경기 군포, 파주 및 제주 산북시설의 경우에도 또한 재활용 증가 및 음식물 쓰레기 재활용 확대에 따라 가연성 폐기물의 소각장 반입량 감소와 주민지원협의체의 반입기준 강화에 따라 폐기물의 반입량이 감소하고 있다.

&lt;표 3-2&gt; 대형 생활폐기물 소각시설 가동 현황 (2004년)

지역	시설명	용량 (톤/일)	년간 소각량 (천톤/년)		일일 소각량 (톤/일)		가동률 (%)	
			2003년	2004년	2003년	2004년	2003년	2004년
서울 (3)	노원	800	53,874	51,845	146	173	18.3	21.6
	양천	400	53,345	48,601	148	162	36.9	40.5
	강남	900	55,576	58,280	152	185	16.9	20.6
부산 (3)	다대	200	46,839	53,614	177	179	88.5	89.4
	해운대	400	110,220	87,954	354	293	88.5	73.3
	명지	400	23,696	111,481	364	354	91.0	88.5
대구 (1)	성서	600	145,678	139,835	482	459	82.7	83.3
인천 (1)	청라	500	151,283	136,959	473	435	94.6	87.0
대전 (1)	대덕1	200	34,308	42,330	174	141	87.1	70.6
광주 (1)	상무	400	83,208	101,944	362	340	90.5	85.0
울산 (1)	성암	400	120,950	112,335	375	374	93.6	93.6
경기 (15)	수원	600	145,284	140,861	598	470	99.6	78.3
	성남	600	158,376	142,798	501	476	83.5	79.3
	부천삼정	200	56,352	47,939	169	160	84.5	79.9
	부천대장	300	84,575	78,982	255	263	84.9	87.8
	평촌	200	48,915	47,893	163	160	81.4	79.8
	안산	200	55,660	54,121	167	172	83.3	85.9
	용인1	100	26,673	29,066	86	97	86.3	96.9
	용인수지	70	18,310	20,875	62	70	88.1	99.4
	광명	300	88,583	85,882	262	286	87.4	95.4
	군포	200	35,209	31,984	152	102	75.9	50.8
	과천	80	22,581	19,683	72	66	89.5	82.0
	일산	300	84,216	83,107	287	272	95.8	90.8
	의정부	200	33,102	48,586	164	154	81.9	77.1
	구리	200	46,974	45,753	147	145	73.4	72.6
	파주	200	15,905	22,565	138	72	69.2	35.8
충남 (2)	천안	200	55,136	58,360	180	185	90.0	92.6
	공주	50	18,000	17,603	50	59	100.0	117.4
경북 (1)	상주	48	12,071	12,591	43	40	89.6	83.3
경남 (4)	창원	400	112,863	109,698	352	366	88.0	91.4
	통영	50	11,825	14,839	48	49	95.4	98.9
	김해	200	64,178	59,249	194	188	97.2	94.0
	밀양	50		10,660		50		100.6
제주 (2)	산북	200	31,973	43,329	133	138	66.6	68.8
	산남	70		15,930		52		74.4
<b>총계</b>	<b>35개소</b>	<b>10,218</b>	<b>2,105,738</b>	<b>2,187,532</b>	<b>7,430</b>	<b>7,194</b>	<b>77.4</b>	<b>78.9</b>

\* 2004년에 경남 밀양, 제주 산남 소각시설 가동

\* 가동률은 목표 가동일수를 시설의 사용년수에 따라 315일(3년이내), 300일(3년초과)로 조정하여 산정

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2005

전국의 35개 대형 생활폐기물 소각시설의 최근 운영상황을 조사한 결과에 의하면, 소각시설로 반입되는 폐기물의 발열량이 급격한 상승곡선을 그리고 있으며, 일부 시설에서는 발열량 3,000 kcal/kg 내외의 폐기물이 반입되는 곳도 조사되고 있다. 기존 스토퍼 시설의 설계기준은 2,000 kcal/kg 내외이며, 따라서 3,000 kcal/kg 내외의 발열량을 갖는 폐기물의 반입은 결국, 연소실 내부의 물 분사, 또는 수분이 다량 함유된 저 발열량 폐기물의 혼합 연소와 같은 비효율적 운영을 초래하고 있다. 또한 설계기준을 초과하는 고발열량 폐기물의 반입은 폐기물 처리용량의 축소, 소각시설의 관리비용 상승, 환경오염방지시설의 비효율적 운전 등과 같은 비정상적인 소각시설의 운영으로 이어진다. 향후의 소각시설 도입은 이러한 고발열량 폐기물을 기술적으로 수용할 수 있으면서 이와 함께 귀중한 자원인 에너지 회수 효율을 최대한 높일 수 있는 시스템을 중심으로 이루어져야 할 것이다.

#### 나. 반입폐기물 발열량 및 조성변화

2004년도 운영 중인 소각시설의 반입폐기물 평균 발열량은 2,336 kcal/kg(최고 3,482~최저 1,979)으로 당초 설계기준(고질) 평균 발열량 2,312 kcal/kg 보다 상회하여 매년 증가하고 있는 추세이다. 2004년도 폐기물 조성비는 2003년과 비슷한 수준이나, 종이 및 플라스틱류가 다소 감소(종이 36.3%, 플라스틱 21.2%, 음식물류가 20.2%로 대부분을 차지) 하였다.

<표 3-3> 생활폐기물 발열량과 조성비 변화

구 분	반입 폐기물 발열량 변화 (kcal/kg)					반입 폐기물 조성비 변화(%)						
	설계기준		반입 폐기물			종이류	나무, 짚류	비닐, 플라스틱 류	음식물류	섬유 기죽류	불연물	기타
	고질	중질	평균	최고	최저							
2003년	2,312	1,668	2,243	3,546	1,900	40.3	3.1	27.6	19.6	3.6	5.8	0.0
2004년			2,336	3,482	1,979	36.3	5.7	21.2	20.2	5.8	9.0	1.8

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2005

반입 폐기물 발열량이 당초 설계기준(고질)을 초과한 소각시설은 2004년 현재 35개 시설 중 17개소(48.6%)로 2003년도에 비해 증가하고 있는 추세이다. 2003년에는 전체 33개 시설 중에서 12개소(36.4%)가 설계기준을 초과하였다.

&lt;표 3-4&gt; 생활폐기물 발열량 설계기준 초과 현황

구 분	계	설계기준(고질) 초과				설계기준(고질) 이내			
		개소	설계기준 평균치 (kcal/kg)	평균 발열량 (kcal/kg)	음식물 비율 (%)	개소	설계기준 평균치 (kcal/kg)	평균 발열량 (kcal/kg)	음식물 비율 (%)
2003년	33개소	12	2,211	2,338	24.0	21	2,408	1,907	27.6
2004년	35개소	17		2,569	24.8	18		2,116	26.1

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2005

#### 다. 발열량 증가원인과 문제점

소각시설의 생활폐기물 발열량 증가 원인으로는 크게 세 가지를 들 수가 있다.

- ① 음식물류 폐기물의 자원화 정책에 따라 생활폐기물 중 음식물류가 감소하여 반입폐기물의 발열량이 증가하였고,
- ② 폐기물 분리수거 정착 및 생활수준 향상에 따라 비닐, 플라스틱류 등 고분자물질 증가로 생활폐기물의 발열량이 증가하는 추세이며,
- ③ 재활용 잔재물, 즉 신도시 입주에 따른 폐가구류 등 고 발열량 폐기물 반입량 증가로 인한 것으로 볼 수 있다.

&lt;표 3-5&gt; 반입 폐기물 발열량 및 음식물 비율 현황 (2004)

지역	시설명	용량 (톤/일)	설계기준 (고질)	반입 폐기물 발열량 (kcal/kg)				비 고	
				2003년		2004년			
				평균 발열량	음식물 비율 (%)	평균 발열량	음식물 비율 (%)		
서울 (3)	노원	800	1,800	2,193	19.6	2,393	13.1		
	양천	400	2,300	2,871	15.3	2,757	17.1		
	강남	900	2,700	2,457	13.1	2,681	6.4	고기준 설계	
부산 (3)	다대	200	2,200	2,275	37.9	2,362	37.1		
	해운대	400	2,500	2,469	33.1	2,633	27.0	고기준 설계, 음식물류 함유량 많음	
	명지	400	2,500	2,381	29.6	2,250	33.9	고기준 설계, 음식물류 함유량 많음	
대구 (1)	성서	600	2,250	2,206	30.8	2,571	22.7	음식물류 함유량 많음	
인천 (1)	청라	500	2,300	2,117	12.7	2,199	12.0		
대전 (1)	대덕1	200	2,400	1,933	39.3	2,174	38.3	음식물류 함유량 많음	
광주 (1)	상무	400	2,300	1,934	36.2	2,060	32.4	음식물류 함유량 많음	
울산 (1)	성암	400	2,300	1,822	35.1	2,300	35.3	음식물류 함유량 많음	
경기 (15)	수원	600	2,300	1,830	50.1	1,825	47.0	음식물류 함유량 많음	
	성남	600	2,200	1,942	39.0	2,132	20.1	음식물류 함유량 많음 (감소추세)	
	부천삼정	200	2,200	2,152	35.7	2,181	23.9	음식물류 함유량 많음 (감소추세)	
	부천대장	200	2,200	2,688	36.3	2,981	30.3		
	평촌	200	2,200	2,805	21.3	2,776	15.3		
	안산	200	2,400	2,646	13.9	2,419	15.3		
	용인1	100	2,200	3,340	11.8	2,634	18.1		
	용인수지	70	2,483	1,937	37.2	2,054	35.9	고기준 설계, 음식물류 함유량 많음	
	광명	300	2,200	2,143	30.7	2,359	20.9		
	군포	200	2,400	2,452	18.2	2,674	26.0		
	과천	80	2,400	1,607	43.7	1,770	34.7	음식물류 함유량 많음 (감소추세)	
	일산	300	2,200	1,893	35.7	2,089	46.5	음식물류 함유량 많음	
	의정부	200	1,900	2,560	22.0	2,157	25.0		
	구리	200	2,150	3,032	8.1	2,767	13.1		
	파주	200	2,600	2,679	7.0	2,493	5.9	고기준 설계	
충남 (2)	천안	200	2,200	1,961	36.4	1,942	27.9	음식물류 함유량 많음 (감소추세)	
	공주	50	2,831	1,720	10.6	1,804	9.7	고기준 설계	
경북 (1)	상주	48	2,925	2,245	21.0	2,269	24.0	고기준 설계, 음식물류 함유량 많음	
경남 (4)	창원	400	2,200	2,622	35.7	2,778	36.2	음식물류 함유량 많음	
	통영	50	2,200	1,615	38.9	2,707	37.9	음식물류 함유량 많음	
	김해	200	2,400	1,640	39.0	2,154	31.0	음식물류 함유량 많음	
제주 (2)	밀양	50	2,190	-	-	2,456	31.0	음식물류 함유량 많음	
	산북	200	2,200	1,889	9.6	2,088	13.7		
	산남	70	2,200	-	-	1,924	27.3	음식물류 함유량 많음	
<b>총계</b>	<b>35개소</b>	<b>10,218</b>	<b>2,312</b>	<b>2,244</b>	<b>19.6</b>	<b>2,336</b>	<b>20.2</b>		

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2005

생활폐기물 발열량 증가는 소각시설에 여러 가지 문제점을 야기시키고 있다. 연소실 온도 상승으로 인한 고온부식 등으로 설비의 수명단축 및 유지보수비가 증가하고, 비산분진 Melting 현상에 따른 클링커 생성으로 막힘현상 및 소각효율의 저하를 초래한다. 또한, 연소실 온도 상승에 따라 배출가스량이 증가하여 환경오염 방지시설의 처리부하가 증대되는 등 열부하량 증가로 폐기물 소각량 감소운전이 불가피하며, 이에 따라 가동율 저하, 소각처리 단가 상승 등을

초래하고 있다.

## 라. 소각시설 운영개선 및 발열량 증가대책

### (1) 운영개선 방안

대형 생활폐기물 소각시설의 가동율을 제고하기 위한 방안으로서 서울특별시의 3개 소각시설(노원, 양천, 강남)은 가동율에 따라 반입수수료 및 주변지역 난방비 지원율을 차등적용하고 타 자치구 폐기물 반입을 위하여 지역 주민들과 지속적으로 협의를 추진하고 있다. 경기도 군포와 파주의 소각시설은 주민지원협의체와의 협의를 통하여 사업장 생활계 및 음식물쓰레기 반입을 추진하고, 또한 반입기준 완화에 대한 지속적인 협의를 통하여 폐기물 반입량 증가를 추진하고 있다. 그리고 제주 산북 소각시설은 시·군에 설치된 11개 매립장에 대하여 반입수수료를 인상하고, 가연성폐기물이 매립장에 반입되지 않도록 지도·점검을 강화하여 소각장 반입을 유도하고 있으며, 가연성폐기물 분리배출 및 소각장 반입을 위한 대 주민 홍보를 강화하고 있다. 다른 기타 소각시설들도 지자체간 협력과 주민설득을 통하여 소각처리체계의 광역화를 유도하고, 타 지자체에서 발생한 폐기물 처리시 반입수수료 등으로 주민들에게 인센티브 제공을 검토하고 있다. 또한 지역여건을 고려하여 음식물류폐기물의 반입처리 방안을 검토하고 있다. 물론 혼합처리시 악취 등이 발생하므로 이에 대한 제거방안의 마련이 필요하다.

### (2) 발열량증가 대책

#### ① 소각시설 운전방법 개선

생활폐기물 발열량 증가 대책으로서 소각시설을 운영 중인 각 지자체들은 임시적이고 보조적인 방법으로 소각시설 운전 방법을 개선하여 대응하고 있으나, 이는 근본적인 해결방안이라고 할 수 없다. 소각시설 운전방법 개선 방안으로는 연소용 1,2차 공기 등의 공급온도 및 주입량을 조절하거나 또는 고질, 저질 폐기물을 분리·저장한 후 균질하게 혼합하여 소각하고, 또는 일부 설비를 보강 및 개선을 하는 것이다. 예를 들면, 폐기물 피트에 물 분사시설을 설치하여 폐기물의 함수율을 조절하고, 로내 연소실 온도조절을 위해 오수 분사시설을 설치하거나, 연소실 내화물 보강 및 화격자 등 연소설비에 수관벽을 설치하는 것 등이 있다.

폐기물 발열량을 최대한 설계기준에 적합하도록 조절하는 방안으로 폐기물관리법과 폐기물 분리수거 지침에 따라 지자체의 여건을 고려하여 음식물류폐기물 등 저 발열량 폐기물을 혼합·소각하고, 고 발열량 폐기물은 가능한 재활용을 추진하는 것이다. 예를 들면, 공동주택 등에서 배출되는 질 좋은 음식물류폐기물은 자원화하고, 이물질이 많이 섞이고 자원화 시 고비용이 소요되는 단독주택의 음식물류폐기물은 소각하는 방안을 검토하는 것이다. 현재 창원과 수원의

소각장 등은 단독주택에서 발생되는 음식물류폐기물은 소각처리, 공동주택 발생분은 자원화하고 있는 실정이다. 부산시의 경우에도 주민들을 설득하여 음식물류폐기물을 반입하고 있으며, 수원 소각장의 경우는 농수산 잔재물도 반입하여 처리하고 있다.

상기와 같은 운전방법 개선방안은 생활폐기물 발열량 증가에 대한 근본적인 해결방안이 되지 못하여 대다수 소각시설들은 소각량을 감소하여 운전하고 있는 실정이다.

## ② 신규 소각 설치

생활폐기물 발열량 증가에 따른 소각량 감소에 대한 근본적인 해결방안으로 최근에는 소각 시설 운영기간이 10년 이상 된 시설을 중심으로 기존시설을 전면철거하고 신규시설을 설치하는 방안이 검토되고 있다. 발열량 증가에 따른 문제점 해결을 위한 소각설비 개보수 방법은 화상 부하율 조절, 폐열보일러 및 연소ガ스처리설비 용량 변경 등 광범위하고 대대적인 보수작업이 필요하므로, 오히려 기존시설을 전면철거하고, 신규시설을 설치하는 방안이 보다 효율적이고 바람직하다고 하겠다.

일례로 2006. 12월 현재, 고양 일산 소각시설의 경우, 기존시설 철거 후 신규시설을 설치하고 있으며, 안양 평촌 소각시설도 이 방법을 검토하고 있는 것으로 알려져 있다.

&lt;표 3-6&gt; 국내 소각시설별 발열량 증가사유 및 대책

지역	시설명	폐기물 발열량 증가 사유	문제점	대책
서울 (2)	노원 양천	-종량제 및 폐기물 분리배출 실시 -음식물류폐기물 분리수거	-설계기준 초과로 소각량 감소 -소각로 국부가열로 설비수명 단축	-운전방법 개선 및 감량 운전
부산 (2)	다대	-폐기물 분리수거 -음식물류폐기물 반입량 감소 및 플라스틱 등 고발열량 폐기물 증가	-폐기물 소각량 감소 -연소실 온도증가에 따라 내화물 부식 등 유지관리 비용 증가 -배기ガ스 증가로 전력 부하 및 방지시설 처리부하 증가	-연소실내 폐기물을 오수분사로 온도제어 실시 -1차공기 온도제어 및 2차공기 적정공급으로 온도제어 실시 -폐기물을 저장피트에 물분사로 발열량 저하 -폐기물을 혼합교반 철저 실시
	해운대	-폐기물 분리수거 정착 -음식물류폐기물 반입량 감소 및 플라스틱 등 고발열량 폐기물 증가	-폐기물 소각량 감소 -연소실 온도증가에 따라 내화물 부식 등 유지관리 비용 증가	-1차공기 온도제어 및 2차공기 적정공급으로 온도제어 실시 -폐기물을 혼합교반 철저 실시
울산 (1)	성암	-음식물류폐기물 분리배출에 따라 생활폐기물 발열량 증가 -비닐류 및 폐목재류 등 고발열량 폐기물을 반입증가	-소각량 감소로 톤당 처리비용 증가 -소각로 내화물 및 화격자 손상 -운전 및 유지관리 곤란	-설비개조 (수관벽 설치) -음식물 쓰레기와 협잡물을 혼합하여 소각 -폐기물을 균질 혼합하여 소각
경기 (3)	부천대장	-음식물류폐기물 분리 기인 -플라스틱류, 목재류, 음식물 탈수후 이물질 등 고발열량 폐기물을 반입	-발열량 증가로 소각용량 감소 -화격자 및 내화물 열화 부식촉진으로 시설수명 단축 -가동률 및 소각량 감소로 소각단가 상승	-설비의 수명연장을 위해 소각량 감소운전 불가피
	평촌	-폐기물 분리수거의 정착, 음식물류폐기물 분리수거 등으로 발열량 증가 -고발열 재활용 선별 폐기물을 반입	-고온으로 NOx 등 발생량이 증가 -소각량 감소 및 불완전연소 우려 -고온으로 화격자의 내열, 내마모성, 내부식성이 약화져 수명 단축	-반입폐기물을 분리저장(생활, 재활용 선별)하여 적절히 혼합 후 투입 -고발열량 재활용폐기물을 다량 반입시 저발열량 폐기물을 반입량 증가
	안산	-분리수거 정착에 따른 생활폐기물 고질화(음식물 감소) -신도시 입주에 따른 폐가구류 반입량 증가	-고농도 오염물질 발생(CO, NOx) -고온부식 발생으로 폐열보일러 및 화격자 수명단축 -소각량 감소(로내 온도 상승 및 배출가스량 증가에 따라 소각량 감소 불가피)	-목재류 등 고 발열량 폐기물을 투입금지 (폐기물 균질혼합) -반입폐기물의 발열량에 따라 소각량 조절 (감소)

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2005

&lt;표 3-6&gt; 계속

지역	시설명	발열량 증가 사유	문제점	대책
경기 (5)	용인1	-음식물 분리수거 정착 및 폐기물 재활용 증대에 기인 -주민 생활방식에 따라 플라스틱류 등 고발열량 폐기물을 반입 증가	-소각로 내화물 및 화격자 소순 등 설비의 수명 단축 -비산분진의 Melting현상으로 클링커 발생에 따른 고장 우려 -온도상승에 따라 배기가스량 증가 등 문제가 있어 소각량 감소	-음식물 및 슬러지 반입 등을 통해 폐기물을 발열량 조정 -고 발열량 폐기물을 반입 최소화 -연소공기, 온도조절, 오수 및 침출수의 분무 등 운전공정 개선 -소각량 감소 운전
	광명	-폐기물 분리수거 및 음식물류 분리수거로 반입폐기물 발열량 증가 -생활수준 향상에 따라 고발열량 폐기물 (플라스틱류 등) 다양 반입	-발열량 증가로 소각용량 감소 -로내 온도 상승에 따라 화격자, 폐열보일러 수관 등 수명감소 및 내화물 손상 -고농도 배출가스 발생 및 가스량 증가	-음식물류 협잡물을 적절히 혼합하여 발열량 조정 -내화물 보강 -운전방법 개선 (1,2차 공기 주입비율 조정 등)
	군포	-음식물류폐기물 재활용 확대에 따라 발열량 증가	-고온으로 내화물 수명 단축 및 화격자 손상 -비산재 용융으로 인한 막힘 현상 발생 -소각량 감소	-운전조건 개선 -재활용이 곤란한 음식물 쓰레기를 반입하여 발열량 조정
	의정부	-고발열량(재활용잔재물) 폐기물 반입 증가 -음식물류 폐기물을 분리수거에 기인	-소각부하를 증가로 소각량 감량 (85%) 운전 -내화물 및 화격자 손상 심화	-고발열량 해결을 위한 용역 실시 후 결과에 따라 운영
	구리	-음식물류 폐기물을 분리로 발열량 증가	-내화물 고온 부식으로 수명 단축 및 화격자 손상	-연소용 공기를 상온공기 사용으로 온도조절 -과잉공기 공급으로 연소실 온도저하 -소각량 감소 및 균질혼합
경남 (2)	창원	-음식물류폐기물 분리로 발열량 증가 -생활수준 향상에 따라 고발열량 폐기물 증가	-소각로 적정 열부하 유지 -곤란으로 소각량 감소 -설비 내구연한 감소	-음식물류 등 수분함유 폐기물 혼합소각 및 로내 냉각수 분사로 열부하 저감 -필름류 재활용으로 고발열 폐기물을 소각 감량 유도
	통영	-음식물류폐기물 분리로 발열량 증가 -생활수준 향상에 따른 고발열량 폐기물 증가	-소각용량 감소 -운전제어 곤란 -시설수명 단축	-고발열폐기물의 재활용으로 반입량 저감 -함수율이 높은 폐기물의 적정 혼합

자료 : 대구광역시 자원순환과 내부자료, 2005

## 2. 국외 소각시설

일본과 유럽 등 오랜 기간 동안 소각처리를 실시하고 있는 국가에서는 대구광역시와 유사한 문제를 해결하기 위한 성능개선 사례가 다수 있다. 일본의 경우, 1990년대 초기에 소각대상 폐기물의 발열량 증가와 함께 다이옥신의 처리문제가 거의 동시에 발생하였기 때문에, 소각용량의 증대와 다이옥신 저감을 위하여 소각설비 뿐만이 아닌 보일러 설비와 대기오염 방지설비까지 동시에 개조하는 경우가 대부분이었다. 따라서, 이들 사례는 소각시설 전체를 개·보수하는 것으로서 대구광역시에 그대로 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다.

유럽의 경우, 본 연구에서는 덴마아크의 Amager소각장과 프랑스의 Saran소각장에서의 성능개선사례를 검토하기로 한다.

### 가. 덴마아크 코펜하겐 Amager 소각장

Amager소각장은 덴마아크 코펜하겐시 남동부 15분 거리에 소재하고 있다.

**개선효과:** 소각시설의 추가건설 없이 성능개선을 통하여 소각용량 12톤/시(288톤/일)를 15톤/시(360톤/일)로 25%정도 증대 시켰다.

**개선내용:** 먼저, 기존의 Grate(화격자)와 Rotary kiln (로타리킬른)혼합방식 소각설비 중 후단의 로타리킬른을 없애고 화격자로 변경시킴에 따라 화격자 면적을 증대 시켰다 (화격자  $21.6m^2 +$  로타리킬른  $28m^2 ==>$  화격자  $49.5m^2$ ). 둘째, 이전의 로타리킬른 부분과 By-pass 덕트를 화격자 연소실로 대체함에 따라 소각설비의 연소실 체적을  $215m^3$ 에서  $320m^3$ 으로  $105m^3$ 를 증대 시켰다. 셋째, 소각량 증가로 인한 열부하 증가분을 흡수키 위해 연소실 벽면의 내화물을 수관벽 (water wall) 보일러로 교체하였고, 절タン기를 보완하였으며, 기존 보일러의 변경 없이 별도의 cooling circuit에 연결 하였다. 넷째, 소각량 증대에 따른 연소 배가스량의 증가가 없도록 소각설비내 물분사 시스템은 사용하지 않고, 기존의 냉각공기 공급시스템을 제거하였으며, 연소공기비를 조절하였다. 하지만 대기오염방지설비는 변동 없이 기존 설비를 사용하고 있다.

**성능개선 전·후의 운전자료:** 성능개선 후 소각용량은 약 25% 증가하였으며, 배가스량은 3.5~8.2% 감소하였다. 또한, 연소 배가스 중의 산소농도는 2.5~4% 정도 감소하였고, 스텁 발생량은 성능개선 전에 비해 약 33.5% 증가하였다.

<표 3-7> 덴마아크 코펜하겐 Amager 소각장 성능개선 전·후의 운전자료

구분	개선전	개선후	증감량 (%)
소각용량 (톤/시)	12	15	25 증가
산소농도 (%)	10~11	7.0~7.5	2.5~4 감소
배가스량( $m^3/h$ )	85,000	78,000~82,000	8.2~3.5 감소
스텀 발생량 (톤/시)	36.7	49	33.5 증가

자료 : 창원시 소각장 1호기 성능개선에 따른 타당성 조사, 창원시, 2004

### 나. 프랑스 파리 Saran 소각장

Saran소각장은 프랑스 파리 120km 거리에 위치해 있으며, 22개 공동체에서 발생하는 폐기물

을 처리하고 있다.

**개선효과:** 소각용량 6.3톤/시 (151톤/일)의 2기를 7.25톤/시 (174톤/일) 2기로 8~15% 용량을 증대시켰고, 소각대상물 발열량의 변동에 관계없이 안정적으로 스팀과 전력이 생산되도록 하였다.

**개선내용:** 당해 시설의 성능개선 주목적은 22개 공동체에서 반입되는 폐기물의 다양한 질 변동에 따라 변동이 심하였던 스팀생산을 균일화시켜 안정적으로 전력을 생산하는 것으로서, 보일러 용량은 변경하지 않았다. 그리고 소각설비내 물분사 (water injection) 시스템을 적용시켜 열부하 변동을 흡수하고, 연소 배가스의 온도 상승을 방지하였다. 열유체시스템 분석(CFD분석)에 따라 소각설비내 공기공급 노즐 및 물분사 노즐위치를 변경시키고, 물 분사 방법을 선정하였다. 그리고 마지막으로 중앙제어시스템의 수준을 향상시켰다.

**성능개선 전·후의 운전자료:** 성능개선 전·후의 소각대상물 발열량은 2,000kcal/kg에서 2,200kcal/kg으로 약 10% 증가하였지만, 소각용량은 9%가량 증가하여 실제적인 소각능력은 약 20% 증가하였다. 공기비 감소 및 연소 배가스 중의 산소농도 감소에도 불구하고, 연소 배가스량은 약 10% 증가하였다.

<표 3-8> 프랑스 파리 Saran 소각장 성능개선 전·후의 운전자료

구분		개선전	개선후	증감량 (%)
소각용량 (톤/시)	설계치	6.3	7.0~7.25	11~15 증가
	실제치	6.25	6.8	8.8 증가
산소농도 (%)	설계치	10.95	9.83	10.2 감소
	실제치	10.5~11	7.5	30 감소
배가스량(Sm <sup>3</sup> /h)	설계치	32,600	35,600	9.2 증가
	실제치	41,000	46,000	12.2 증가
발열량 (kcal/kg)	설계치	2,000	2,200	10 증가
	실제치	2,000	2,200	10 증가
공기비	설계치	2.07	1.88	9.2 감소
	실제치	2.07	1.55	25.1 감소

자료 : 창원시 소각장 1호기 성능개선에 따른 타당성 조사, 창원시, 2004

### 3. 시사점

대구광역시 생활폐기물 소각시설과 유사한 국내 타 소각시설의 운영 실태와 국외 소각시설의 성능개선사례 등을 통하여 다음사항을 확인하였으며 이는 현재, 대구광역시 소각시설이 안고 있는 문제점에 대한 개선사항을 도출하는데 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

가. 2004년 현재, 운영 중인 35개소 소각시설 중에서 약 50% 수준인 17개소에서 반입되는 생활폐기물의 발열량이 설계기준(고질)을 초과하고 있으며, 이로 인하여 소각시설의 가동율이 감

소하고 있다.

나. 생활폐기물 발열량 증가의 주원인은 음식물류의 자원화 정책에 따른 분리수거로 수분함량이 감소함에 있으며, 폐가구류 등 고 발열량 폐기물의 반입량 증가도 그 원인 중에 하나이다.

다. 생활폐기물 발열량 증가에 따른 소각시설 운영상의 문제점을 해결하기 위하여 연소용 1,2차 공기 공급온도 및 주입량을 조절하거나 폐기물 저장피트에 물분사 설비를 추가 설치하는 등의 단기적인 방법으로 대처하고 있으나 큰 효과는 없으며, 일부 지자체에서는 지역여건에 따라 음식물쓰레기와 협착물을 혼합하여 소각하고 있다.

라. 생활폐기물 발열량 증가에 따른 소각시설 가동율 저하 등의 문제점에 대한 근본적인 해결방안으로 1990년대 초반에 건설되어 운영기간이 10년 이상 경과된 시설을 중심으로 기존시설을 전면철거하고 신규시설을 설치하는 방안이 검토 및 실행되고 있다.

마. 국외 시설의 경우는 화력자 및 폐열보일러 등의 설비개선을 통하여 소각용량을 증대한 사례가 있으나, 국내에서 운영 중인 소각시설에 적용하기 위해서는 신중한 접근이 필요하다.

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

대구광역시 소각시설 개선 방안

**제 4 장**

## 제4장

### 대구광역시 소각시설 개선 방안

#### 1. 소각시설 운영개선 방안

현재, 대구광역시 소각시설이 안고 있는 고발열량 생활폐기물 소각에 따른 가동율 저하 및 고온의 연소가스에 의한 설비부식 등의 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 운영개선 방안이 있으나, 이는 근본적인 해결책이 아닌 보조적이며 임시적인 방법으로 그 효과 또한 어느정도로 제한적일 수밖에 없는 방안이다.

##### 가. 음식물쓰레기 및 하수슬러지 등과 생활폐기물의 혼합소각

소각처리 되는 현재의 고발열량 생활폐기물을 당초의 설계기준치 이하로 낮추기 위하여 발열량이 아주 낮은 음식물쓰레기 및 하수슬러지 등을 일부 반입하여 생활폐기물과 혼합소각하는 방법이다. 음식물쓰레기 및 하수슬러지와 생활폐기물의 최적 혼합비율, 혼합소각에 따른 다이옥신 발생량 증가 등과 같은 소각시설 운영상의 2차적인 문제점은 추후에 심도있는 검토가 선행되어야 하고, 다만 음식물쓰레기 및 하수슬러지 반입에 따른 악취발생에 대해서는 철저히 관리를 하여야 하며, 지역주민들에게는 사전에 적극적인 홍보활동을 펼쳐 민원이 발생하지 않도록 노력하여야 한다.

##### 나. 폐가구류, 플라스틱류 등 고발열량 폐기물을 반입억제 및 폐기물의 균질혼합 실시

현재, 소각시설로 반입되는 고발열량 폐기물인 폐가구류, 플라스틱류, 종이류 등의 분리수거 및 재활용을 철저히 시행하여 반입량을 최대한 줄이고, 소각시설로 반입된 목재류 등 고발열량 폐기물은 생활폐기물과 균질/혼합하여 소각처리 하도록 하여야 한다.

##### 다. 폐기물 저장조에 물분사 설비 추가설치

고발열량 생활폐기물의 발열량을 낮추기 위하여 폐기물 저장조에 물분사 설비를 추가하여 발열량을 조절하는 방법이나, 용수사용량 및 폐기물침출수량이 증가하는 등 또 다른 문제를 야기 시키는 임시적이고 보조적인 방법이다.

#### 라. 소각로 연소실내 온도조절

고발열량 생활폐기물 소각에 따라 소각로 연소실내 고온의 연소온도를 낮추기 위하여 1,2차 연소공기의 상온공급(예열중지) 및 공급량 조절, 연소실내 침출수 분사량 및 분사위치 조절, 또는 연소실내로 냉각수를 분사하는 방법이다.

## 2. 소각시설 설비개선 방안

현재, 대구광역시 소각시설이 안고 있는 고발열량 생활폐기물 소각에 따른 소각시설 가동을 저하 및 고온의 연소가스에 의한 설비부식 등의 문제점을 해결하기 위한 소각시설 설비개선 방안으로는 화격자 면적확대를 통한 화상부하율 조절, 수냉식 화격자 채택, 폐열보일러 및 연소가스처리설비 용량조절, 화상카메라를 이용한 인공지능형 자동연소제어 시스템 도입 등의 설비개선 방법이 있으나, 이는 소각시설의 주요공정 및 부대시설 등을 광범위하게 변경하여야 하는 것으로 대구광역시 소각시설의 운영기간(1호기, '93년 01~ : 약 13년 11개월)을 고려하면 기존 소각시설을 전면 철저 후, 신규시설을 설치하는 것이 가장 효율적인 방안이라 할 수 있다.

<표 4-1> 국내 소각시설 운영기간

구 분	시설용량 (톤/일)	시공사	공사기간	운영기간	비 고
대구 성서(1호기)	200*1	(주)대우	'90.08 ~ '93.01	13년 11개월	
안양 평촌	200*1	동부건설	'91.11 ~ '93.12	13년	신규시설 설치 검토 중
창원	200*2	한라산업개발	'93.07 ~ '95.02	11년 10개월	
부천	200*1	(주)대우건설	'92.12 ~ '95.05	11년 7개월	
부산 다대	200*1	한라중공업	'93.08 ~ '95.08	11년 4개월	
고양 일산	300*1	삼성중공업	'92.11 ~ '95.11	11년 1개월	기존시설 철거 후 신규시설 설치 중

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

폐기물의 열적처리기술

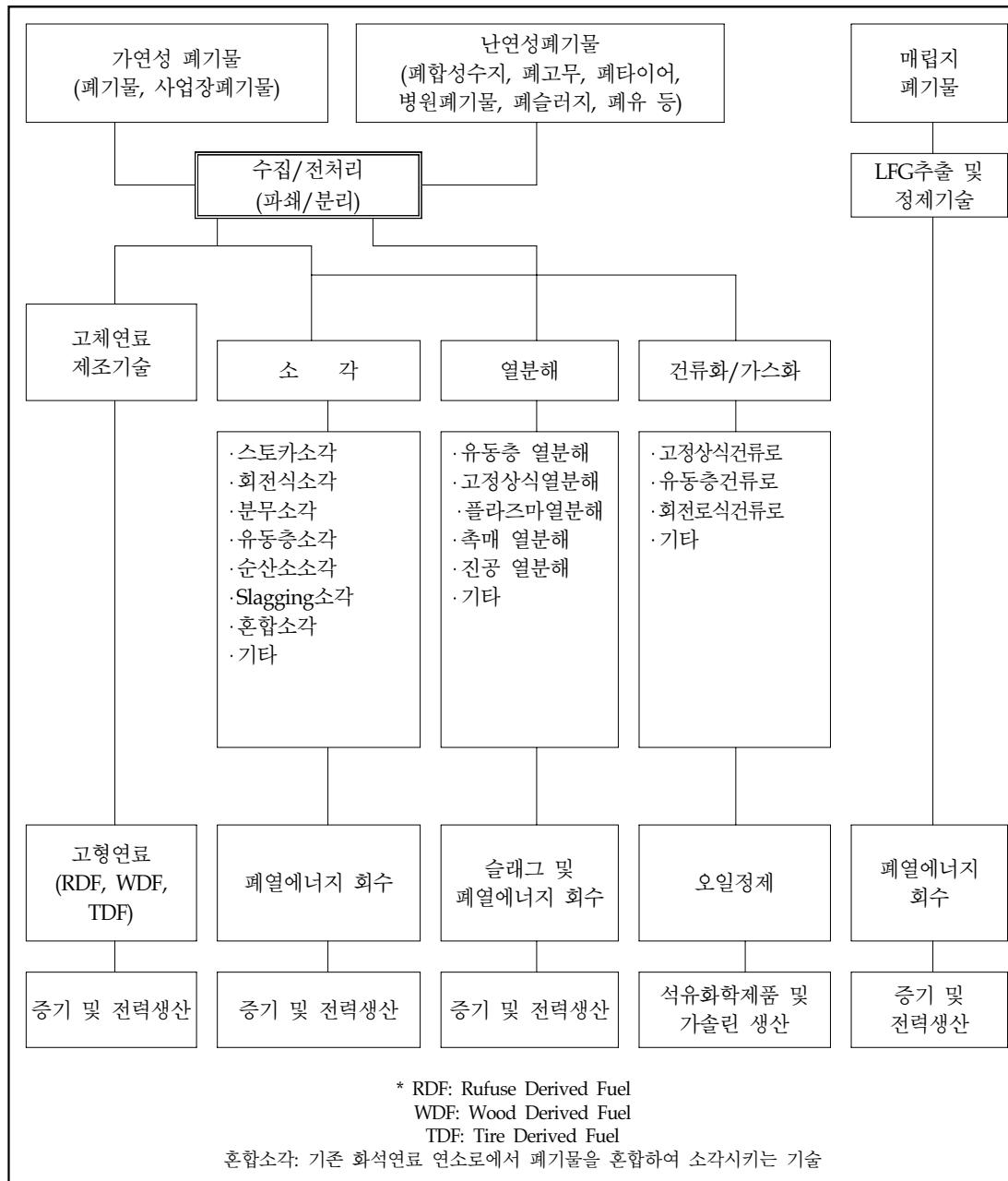
**제 5 장**

## 제5장

# 폐기물의 열적처리기술

### 1. 폐기물의 열적처리기술 및 시설계획

폐기물의 열적처리기술은 직접소각, 열분해, 건류화 또는 가스화로 크게 나누어 볼 수 있다.



<그림 5-1> 열적처리기술의 기술체계도

가연성폐기물(생활폐기물, 사업장폐기물 등 소각시키기 쉬운 폐기물)은 직접 소각시켜 에너지를 회수하는 방법이 이용되고 있다. 이러한 직접 소각방식으로는 화학자 연소방식, 퀸론 연소방식, 액상 분무연소방식, 유동층 연소방식 등의 소각로가 개발되어 에너지화 기술로서 이미 선진국과 국내에서 실용화되어 보급되고 있다.

발열량이 낮은 폐기물에 소각시스템을 적용시킬 경우 에너지 회수량이 적고 시설이 상대적으로 커지는 것을 방지하기 위해 재생연료(RDF)로 만들어 소각시키는 에너지 회수방법도 이용된다.

최근에는 열처리되는 폐기물량을 최대한 줄일 수 있고 연소효율을 향상시킬 수 있으며, 매립 가스 및 침출수 발생량을 감소시킬 수 있는 MBP(Mechanical-Biological Pretreatment)가 대두되고 있다. MBP는 매립 혹은 열처리 전에 혼합폐기물을 기계적으로 분리하고 유기물을 생물학적으로 안정화시키는 처리기술로서 현재, 유럽, 호주, 미국, 일본 등에서 활용하고 있으나 국내 적용을 위해서는 폐기물의 처리특성에 대한 검토가 필수적이다.

이외에도 초고온상태를 유도하여 폐기물을 처리하는 플라즈마 (plasma) 처리기술이나 적외선 소각, 촉매소각 (Catalytic Incineration) 등의 신기술이 개발되고 있다.

폐기물의 열적처리방식을 선택함에 있어 국내 폐기물 특성에 적합한 형식으로 불연분과 수분이 다양 포함된 폐기물을 최대한 완전하게 처리할 수 있는 형식 선정을 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

첫째, 해당지역의 폐기물 특성에 적합한 처리기능을 갖추어야 하고, 폐기물 처리시설에서 배출되는 연소가스 중에는 먼지, 황산화물, 질소산화물, 염화수소, 중금속류, 다이옥신 등과 같은 대기오염물질이 포함되어 있음에 따라 오염물질의 발생이 최소화 될 수 있는 시설의 기종을 선정하여야 한다.

둘째, 기술적으로 처리대상 물질을 완벽하게 처리할 수 있는 기계적으로 높은 신뢰성 및 내구성이 검증된 기술이어야 하며, 운전 및 보수의 용이성이 고려되고 가동기술에 대한 충분한 기술이전이 보장되어야 한다.

셋째, 열적처리 과정에서 증기 및 전력, 슬래그, 고품질의 재활용품 등 자원을 최대한 회수할 수 있는 방식을 선정하여야 한다.

네째, 지역의 환경보전을 위해서 환경관리법에 부합하는 환경오염방지설비를 설치한 시설로서 향후 법적기준이 강화될 경우 능동적이며, 손쉽게 대처할 수 있는 방식을 선정하여야 하며, 지역주민의 환경적 기대수준에 부합하는 방식을 선정하여야 한다.

다섯째, 건설공사비와 유지관리비가 저렴한 방식을 선정하여야 한다.

따라서, 본 장에서는 폐기물의 열적처리기술 중에서 대구광역시 생활폐기물 특성에 가장 적

합하고, 기술적으로 높은 신뢰성 및 내구성을 확보하고 있으며 처리과정에서 증기 및 전력 등 에너지회수율이 높은 스토카소각로, 유동상소각로 및 열분해가스화용융 처리기술에 대하여 검토하고자 한다.

## 2. 스토카(화격자) 소각로

### 가. 원리

스토카식 소각로는 유압장치에 의해 전·후진 운동을 반복하는 화격자(Grate)로 연소상이 구성되어 있으며, 이 연소상은 건조, 연소, 후연소의 구역으로 구분되어 있다. 따라서 화격자는 효율적인 연소율을 발휘하면서 장기간 운전에 적합한 구조를 가져야 한다.

스토카식 소각로는 폐기물 성상변화에 적응성이 뛰어나 소용량 Unit(40톤/일·기)로부터 대용량의 Unit(최대 가동실적 : 1,200톤/일·기)까지 제작이 가능하고, 일부 불연물을 포함하는 Mass Burning 소각방식에 적합하여 도시폐기물의 소각에 있어서는 국가나 지역에 관계없이 전 세계적으로 95%이상의 보급률을 갖고 있다. Unit당 적정 소각용량은 40~500톤/일 정도이고, 정상가동율(Availability)은 90%이상을 유지한다.

로내에 공급된 폐기물은 화격자의 왕복운동에 의해 순차적으로 이송되어 건조, 연소, 후연소 등의 과정을 거치는데 화격자 하부로부터 공급되는 연소공기와 복사열을 받아 보유수분이 증발 건조된 뒤 착화, 후연소 과정을 거친다.

화격자의 가동방식은 Reciprocating type grate와 Roller type grate 등이 있으며 전자의 경우는 제작사의 제작기술에 따라 수평식, 계단식, 역동식, 상하반전식, 이상식 등으로 세분된다.

효율적 연소를 위하여 폐기물의 변화에 따라 이송속도와 공기량을 조절한다.

### 나. 본체(연소실)의 구조 및 형식

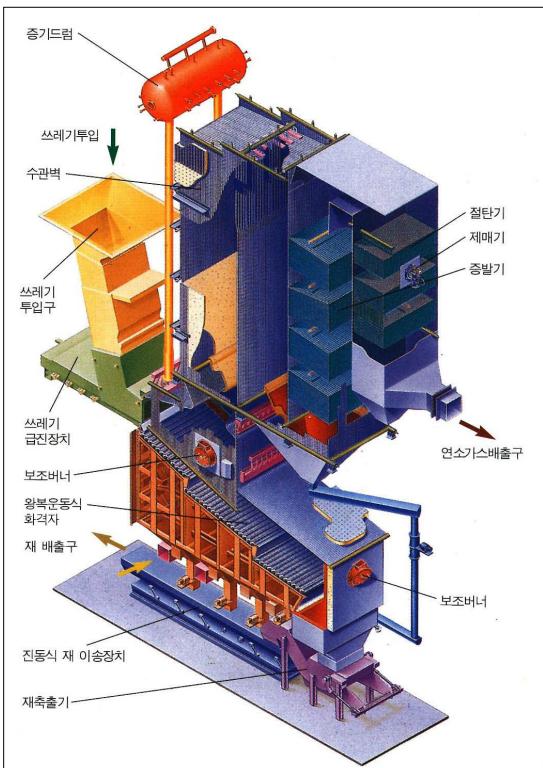
소각로의 연소실 구조는 계획 폐기물질의 범위에서 폐기물의 건조, 연소가 효과적으로 이루어지게 설계되어야 하며, 연소실 형상에 따라 화염의 진행방향이 달라지게 된다. 일반적으로 저발열량 폐기물 소각일 경우 연소가스는 폐기물 투입구 방향으로 흐르게 하여 건조효과를 극대화시키고, 발열량이 높은 경우는 반대로 연소가스가 흐르도록 한다. 연소실의 기능을 정상적으로 발휘하기 위해서는 화격자 연소율, 연소실 열부하, 로내 온도 및 통풍 조절이 중요하다. 연속식 소각로의 연소실 열부하는  $8 \times 10^4 \sim 15 \times 10^4 \text{ Kcal/m}^3\text{h}$ 를 표준으로 하며, 연소실 열부하는 폐기물의 최대발열량이 높을수록 작게 잡아 연소실 용적을 크게 하여야 한다. 연소실 열부하의 산정은 로의 형식, 형상, 수냉벽 또는 내화벽의 구조와 면적, 연소가스량과 후연소실 (2차 연소

실)의 유무, 각 제작사의 고유한 기술에 따라 다르게 설계되어진다.

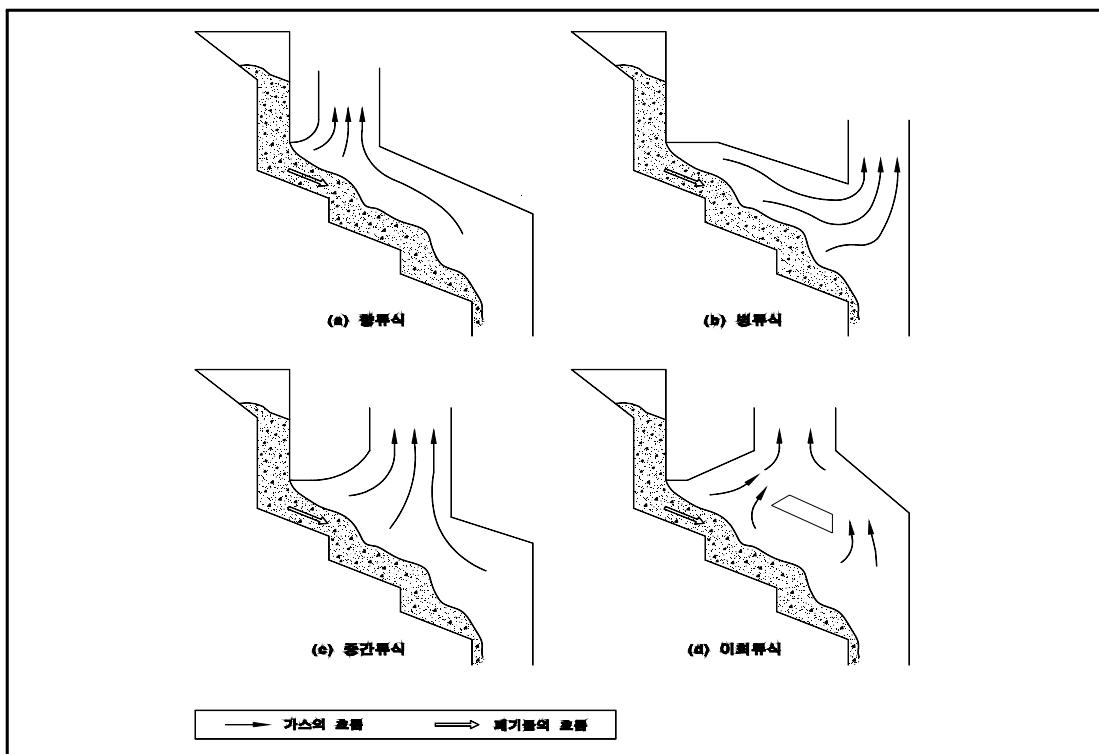
또한, 화려자 연소율은 화려자 단위면적당, 단위시간당 강열감량 기준치 이하로 소각할 수 있는 폐기물의 중량을 말하며, 단위면적당 연소 속도를 표시한다.

보통 연속 연소식 소각로의 화려자 연소율은 소각로 형식 및 구조, 1로 당의 규모, 연소 방법, 폐기물질, 소각재의 강열감량 등에 따라 달라지는데, 보통  $150\sim250\text{kg/m}^2 \cdot \text{hr}$  가 된다. 한편, 연소실 내부는 설계 시 다음과 같은 설계조건이 고려되어야 한다.

- 충분한 강도를 지닐 것.
- 기밀성이 좋아 공기가 새지 않을 것.
- 적절한 내화재, 지지방식을 사용할 것.
- 외벽의 온도가 너무 높이 올라가지 않을 것.
- 수리 · 점검이 용이할 것.
- 복사열을 이용하여 건조효율을 높일 수 있는 구조일 것.



<그림 5-2> 전형적인 소각로 본체구조



&lt;그림 5-3&gt; 스토카에서의 로 본체형식

- 대류식(향류식) : 폐기물의 흐름과 연소가스의 흐르는 방향이 반대로 향하고 있는 형식으로서, 연소가스에 의한 복사열이 건조대의 폐기물에 유효하게 작용하므로 수분이 많은 저질 폐기물에 적합하다.
- 병류식 : 이송방향과 연소가스의 흐름방향이 같은 형식으로 폐기물발열량이 상당히 높은 폐기물에 적합한 형식이다.
- 교류식(중간류식) : 양자의 흐름이 교차하는 향류식과 병류식의 중간적인 형식으로 중간 정도의 발열량을 가지는 폐기물 질에 적합하며 두 흐름이 교차하는 점을 비교적 발열량이 높은 폐기물에 있어서는 후연소단에 오게 하고 발열량이 낮은 폐기물에 있어서는 건조단에 오게 하는 것이 일반적이다.
- 이회류식 : 폐기물 흐름의 상류와 하류측 여러 가스출구를 갖고 담퍼조절에 의하여 향류식과 병류식의 특성을 겸비한 것이다.

#### 다. 스토카 소각로 장·단점

&lt;표 5-1&gt; 스토카 소각로 방식의 장·단점

장    점	단    점
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 폐기물을 로내에 일정량 확보하면서 소각하는 매스연소(mass burning)가 가능하며 연소가 안정적임</li> <li>■ 폐기물의 전처리과정이 거의 불필요</li> <li>■ 비산재 발생량이 유동상 방식이나 로타리 키들 방식보다 적음</li> <li>■ 시공 및 운전설적이 많음(전세계 약 90%정도의 보급률)</li> <li>■ 대·소규모를 막론하고 안정적인 연소가 가능하며 연속자동화 운전 가능</li> <li>■ 연소열량 변동이 적으므로 폐열보일러에 의한 열회수 방식에 유리</li> <li>■ 폐기물처리 톤당 건설비, 유지관리비가 상대적으로 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 국부가열로 인한 클링커(clinker)의 생성 가능성이 큼</li> <li>■ 용융성 폐기물, 슬러지, 미세 폐기물 등에는 부적합함(플라스틱 혼입하에는 25%정도)</li> <li>■ 60%이상의 고수분 함량의 저발열량 폐기물을 보조연료 사용없이 소각이 어려워 소각가능 폐기물질에 비교적 제한적임</li> <li>■ 과잉공기량이 많아 배출가스량이 많고 배가스처리에 요하는 유지관리비용이 큼</li> <li>■ 연소가 양호하지 않을시 대기오염물질(HCl, SOx, NOx, Dioxins, 중금속 등)등의 2차환경오염물질 다량 발생 가능</li> <li>■ 소각재내 유해물질 배출(중금속, Dioxins 등)</li> <li>■ 바닥재 및 비산재(지정폐기물)의 적법 처리가 요구됨(반입 폐기물량의 15~20%)</li> </ul>

### 3. 유동상 소각로

#### 가. 원리

유동층 소각로는 그 내부에 유동매체인 모래 등의 유동재를 충진시키고 하부에 설치된 산기관 또는 산기관의 공기노즐을 통해 1,200~3,500mmH<sub>2</sub>O의 정압을 가진 200~500°C의 열풍을 공급함으로서 유동매체를 마치 더운물이 끓는 것 같이 유동층상을 형성시켜 매체온도를 700~800°C로 유지하면서 폐기물(파쇄 폐기물)을 연속적으로 균일하게 투입해 유동연소를 하는 방식이며, 유동매체의 열용량이 아주 크고 피소각물이 항상 유동상태로 있기 때문에 교반, 반전, 매체와의 접촉빈도가 아주 높으므로 열전달계수가 커서 건조속도 및 효율이 다른 형식에 비해서 높다. (전열용량 계수 : 4,000~20,000kcal/m<sup>3</sup> · hr · °C) 또한 화학반응계수, 확산계수가 아주 커서 연소속도가 매우 빠르다.

Feed board(로 공탑부)의 평균온도는 일반적으로 760~850°C가 많고, 유동매체는 규사나 하천모래로 입경 0.1~0.5mm정도(1mm정도도 있음)인 것이 많이 사용된다.

## 나. 구 조

유동층 소각로의 내부구조는 다음 <그림 5-4>와 같다. 또한 소각로를 구성하고 있는 주요 부분은 다음과 같다.

### (1) 유동매체

유동매체는 약 700°C 이상의 고온상태에서 계속적으로 열을 보유할 필요가 있고, 또한 일부는 불연물 배출장치를 통해 소각잔사와 함께 배출되기 때문에 급냉될 수 있어야 한다. 이와 같은 점들을 고려할 때 유동매체로서 유동사의 필요조건은 다음과 같다.

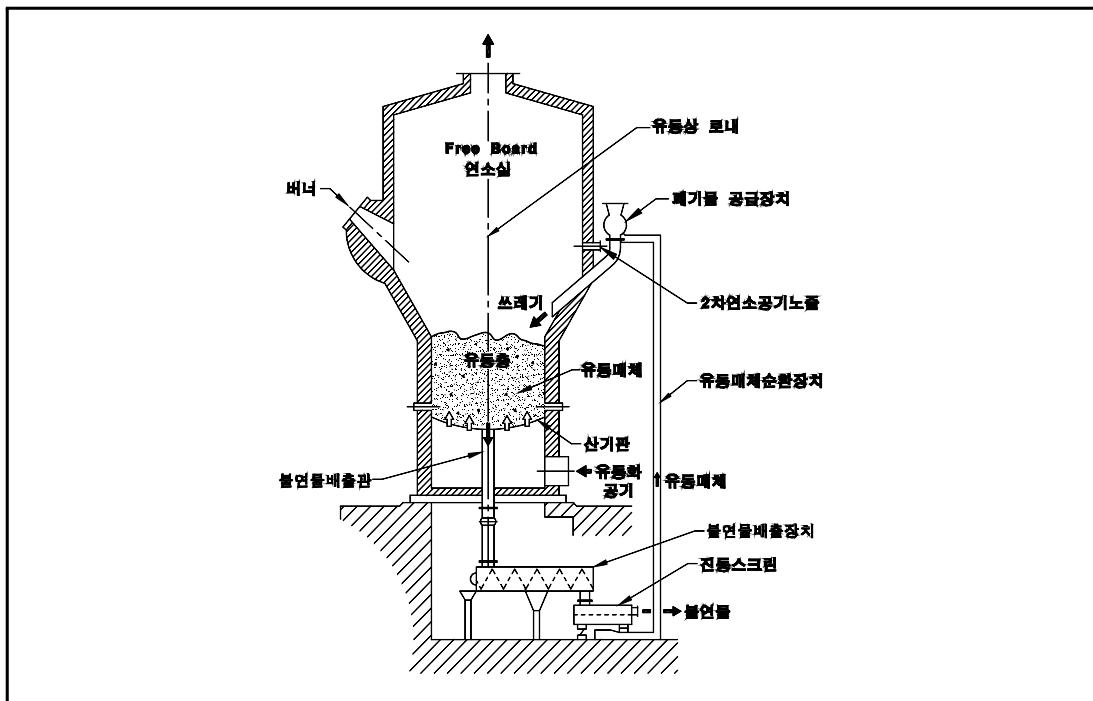
- 불활성일 것.
- 열충격에 강하고, 융점이 높을 것.
- 내마모성이 있을 것.
- 비중이 작을 것.
- 공급이 안정적이고 가격이 저렴할 것.
- 입도분포가 균일할 것.

따라서, 유동층 소각로를 신설한 초기에는 유동매체로써 강모래 또는 규사 등을 사용하고 있지만, 로의 운전시작 후에는 그 일부가 마모되어 분진으로 배출되고 또 소각잔사와 함께 배출되기 때문에 유동사를 보충할 필요가 있다.

### (2) 유동상 소각로의 순환장치

불연물 배출장치로부터 강제적으로 배출되는 유동사와 소각잔사는 진동체에 의하여 분리되고, 유동사는 Bucket형의 Conveyor로 다시 로내로 순환시켜 재사용한다.

이와 같이 유동사를 순환 사용하기 위한 순환장치의 형식으로는, 진동체에서 분리되는 유동사를 직접 투입하거나, 또는 유동사 저장조에 일단 저장한 후에 정량씩 공급하는 형태가 있으며, 유동사와 불연물을 분리한 후, 유동사는 공기압에 의하여 로내로 역송하는 형태도 있다.



<그림 5-4> 유동층 소각로 구조

### (3) Freeboard부

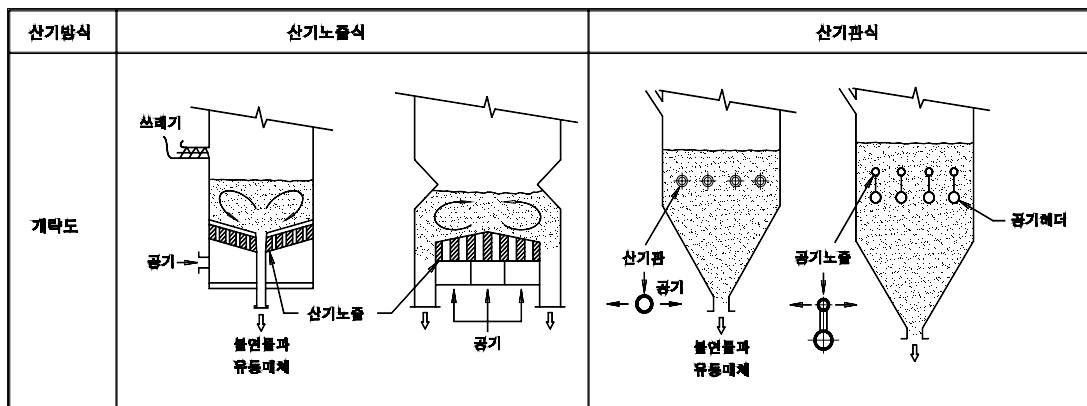
Freeboard라는 것은 유동층의 상부로서 연소실에 해당된다. 여기에서는 유동층으로부터 발생하는 열분해 가스와 가벼운 종이 및 미연소 탄소 등이 극히 단시간 내에 연소된다.

Freeboard부의 높이는 입자의 배출현상과 관련된 입자의 수송출구 높이(TDH : Transport Disengaging Height)에 의하여 결정되지만, 소각로의 경우에는 2차 공기와의 연소반응이 더 중요하므로, 충분한 반응이 일어날 수 있을 만큼의 체류 시간이 확보되어져야 한다. 일반적으로 유동층과 Freeboard부에서의 가스 체류 시간은 약 6초 정도가 필요하다고 한다.

### (4) 공기 공급장치

유동층 소각로의 내부에 공급하는 공기는 유동화 및 1차 연소용으로 공급하는 1차 공기와 연소실에 공급하는 2차 연소용의 2차 공기로 나누어진다. 유동층 소각로에서의 과잉 공기비는 1.2~1.8정도이다. 일반적으로 1차 공기로써 공급되는 공기량은 이론 요구 공기량의 약 80~90% 가 되고, 그 나머지는 2차 공기로써 Freeboard부에 공급되어진다.

또한, 유동층 소각로에서 주로 사용되고 있는 연소공기분산장치는 크게 산기노즐 방식과 산기관 방식으로 나눌 수 있으며 아래 그림과 같다.



&lt;그림 5-5&gt; 연소용 공기의 분산장치구조

## (5) 조연 장치

조연용 보조 버너는 소각로의 기동시에 유동사를 가열하고, 발열량이 낮은 폐기물이 공급될 때에 보조연료로써 로의 온도를 일정하게 유지시키기 위하여 사용된다. 버너의 설치위치는 효과적으로 유동층을 가열할 수 있는 위치가 바람직하므로, 불길이 유동층 표면에 닿을 수 있도록 설치하되, 유동사에 의한 마모도 고려하여 위치를 선정하여야 한다.

## 다. 유동상 소각로의 장·단점

&lt;표 5-2&gt; 유동상 소각로 방식의 장·단점

장    점	단    점
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 비교적 좁은 부지에 설치가능</li> <li>■ 연소효율이 높아 미연소분의 배출량이 적음</li> <li>■ 간헐운전이 좋음(유동매체의 축열성이 크므로 24시간까지도 열이 보존되어 보조연료없이 재가동 됨)</li> <li>■ 하수슬러지, 액상폐기물 등의 단독 또는 혼소 가능</li> <li>■ 반응시간과 소각시간이 짧아로 부하율이 높음</li> <li>■ 열회수가 용이</li> <li>■ 과잉공기량이 상대적으로 적어 비교적 배출가스량이 적음</li> <li>■ 소형 도시폐기물처리에 용이</li> <li>■ 구조가 단순하여 유지관리가 용이</li> <li>■ 로내 고형 알칼리제(CaO, MgO)를 직접 투입하여 HCl, SOx등 산성가스제거 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 파쇄 등의 전처리가 필수임(슬러지 제외)</li> <li>■ 분진발생량이 많음</li> <li>■ 순간연소로서 다소 불안정</li> <li>■ 유동매체의 손실로 보충이 필요</li> <li>■ 투입폐기물의 성상변화에 연소효율이 비교적 민감함</li> <li>■ 비산재 발생량이 많고 다이옥신이 함유</li> <li>■ 1기당 최대 200톤/일과 100톤/일 이상의 실적이 적음(중·대형 소각로로는 부적합함)</li> <li>■ 단위폐기물당 전력소비량이 크며 운전조작이 복잡함(고도 기술 필요)</li> <li>■ 로내 압력손실이 커 공기의 정압이 높아야 함</li> </ul>

#### 4. 열분해가스화 용융방식(신기술)

해외에서 실증플랜트로 상용운전 실적이 있는 열분해가스화용융방식의 신기술 소각방식은 / 열분해/가스화로와 용융로의 분리 또는 일체여부에 따라 분리형과 일체형으로 대별할 수 있다. 따라서, 본 장에서는 분리형과 일체형으로 구분하여 검토하였다.

##### ■ 분리형

- Kiln식 R21 가스화용융시스템(동부건설- Mitsui, 일본)
- 유동상식 가스화용융시스템(효성에바라-에바라제작소, 일본)
  - (롯데건설-KOBELCO's, 일본)
  - (서희건설-Hitachi, 일본)
- Pusher식 열분해용융시스템(대우건설-Thermoselect, 스위스)

##### ■ 일체형

- Shaft로 방식(포스코-신일본 제철, 일본)

## 가. Kiln식 R21 열분해용융시스템

### (1) 원리

R-21 공정은 열분해 및 고온 용융 공정을 포함한다. 열분해 공정을 통하여 열분해 가스와 카본, Ash, 금속류 등을 포함한 열분해 고형물이 생성되는데 열분해 가스와 카본은 용융로에서 약 1300°C로 용융된다. 비산재는 용융로에서 슬래그로 배출되어 재활용 된다.

### (2) 처리공정

#### ① 투입 공정

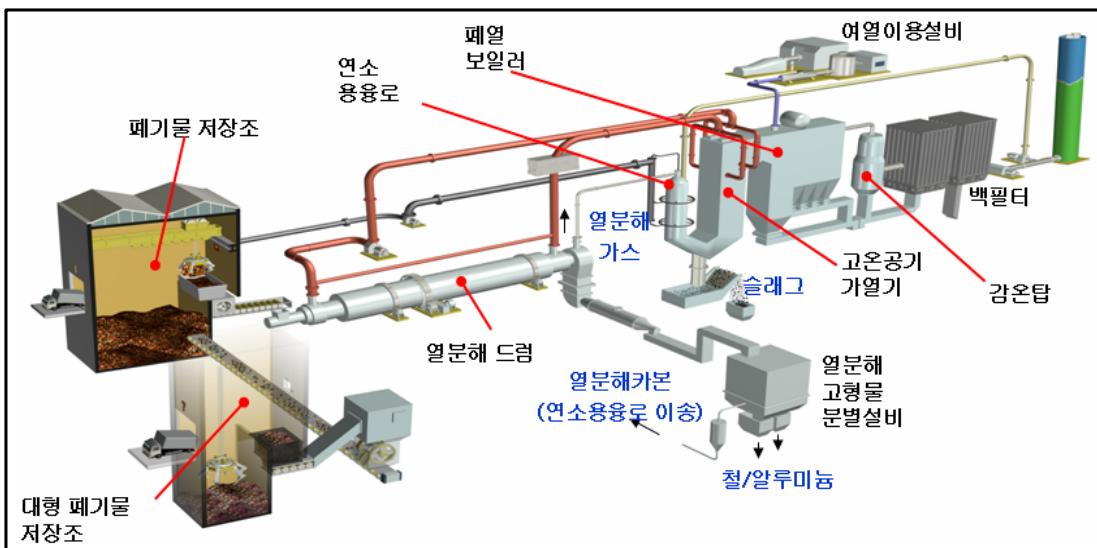
Pit & Crane 방식에 의해 생활폐기물을 호퍼에 투입하고, 2축 전단식 파쇄기로 보통 150~200mm 이하로 파쇄한 후, 폐기물 공급컨베이어를 거쳐 정량적으로 폐기물을 열분해드럼에 공급한다.

#### ② 열분해 공정

열분해가 이루어지는 열분해드럼의 내부에는 다수의 전열관이 배치되어 있어 공급된 폐기물은 전열관 내부를 흐르는 고온공기에 의해 간접적으로 가열된다.

열분해드럼 내부는 무산소 상태이며, 약 470°C의 비교적 낮은 온도로 약 1시간에 걸쳐 천천히 열분해 하므로, 폐기물은 열분해가스와 미분탄 연료에 가까운 성상의 열분해 고형물로 개질된다.

이때 폐기물을 가열시키는 열분해용 고온공기는 별도의 연료나 일부 폐기물의 소각을 필요로 하지 않고 연소용융로 후단에 위치한 고온공기 가열기에서 회수된다. 열분해 공정을 통해 발생된 열분해 가스와 열분해 고형물은 분리용 호퍼를 통해 배출되는데, 열분해 가스는 직접 용융로로 투입되고, 열분해 고형물은 냉각드럼을 거쳐 약 80°C로 냉각되어 열분해 고형물 분류 시스템으로 이송된다.



<그림 5-6> Kiln식 R21 열분해용융시스템(예시)

### ③ 열분해 고형물 처리

열분해 고형물 분류 시스템은 고형물을 철금속, 비철금속, 유리, 석질, 세라믹등과 같은 무기 물질로 이루어진 굵은 성분과 열분해카본으로 분리한다.

자력 및 와류선별기를 이용하여 잔재물로부터 산화되지 않은 철금속과 비철금속을 각각 분리한다.

### ④ 고온용융 공정

열분해가스와 열분해카본은 용융로에서 선회하강하며 모든 유기물이 완전 분해되어 다이옥신 등 유해물질이 완전히 산화되도록 약 1,300°C에서 용융된다.

용융된 슬래그는 내화벽의 표면을 따라 아래로 흘러내려 용융로 하부에 있는 슬래그 Port로 연속 출탕되며, 물이 채워진 Tank에서 급랭되어 Granule형태 슬래그로서 응고된다.

### ⑤ 고온공기회수

용융로로부터 나온 배기가스는 고온공기가열기에서 열회수를 하고 폐기물을 열분해하기 위한 고온공기가 생성된다. 고온공기는 고온공기가열기와 열분해드럼 사이를 순환하는데, 약 55 3°C로 고온공기가열기를 나와 열분해드럼에 공급되어 폐기물을 간접가열한 후, 약 293°C로 열분해드럼을 나와 고온공기가열기로 돌아와 다시 배가스와 열교환을 실시한다.

### ⑥ 슬래그 재활용

고온용융 공정에서 생산된 슬래그는 보도블럭, 도로포장재 등으로 재활용 된다.

#### ⑦ 유가금속 선별

열분해 드럼의 무산소 상태에서 산화되지 않는 금속류가 불연물과 함께 배출되어 선별됨으로써 양질의 유가금속 회수가 가능하다.

### 나. 유동상 가스화용융시스템

#### (1) 원리

유동상 소각기술과 선회류식 용융로를 접목하여 폐기물을 저 산소상태에서 높은 열을 가함으로서 생성된 열분해 가스(Gas, Char, Tar 등)는 선회류식 용융로에 비산재와 함께 투입하여 약 1,300~1,400°C의 용융로내에서 용융되어 슬래그의 형태로 배출되고 배가스는 용융로 후단 2차 연소실에서 충분한 체류시간을 거친 뒤 보일러와 대기오염방지시설을 거쳐 대기로 방출된다.

#### (2) 처리공정

##### ① 투입공정

폐기물을 150~200mm 이하로 파쇄한 후, 정량공급기를 이용하여 가스화 유동상로에 정량적으로 공급한다.

##### ② 가스화 공정

폐기물정량공급기에 의해 공급된 폐기물의 20~30%가 연소되며 이 연소열(500~600°C)에 의해 나머지 70~80%의 폐기물이 직접 열분해 된다. 로 바닥의 경사면과 중앙에 위치한 배출구는 잔재물과 비산화금속류를 쉽게 회수할 수 있도록 설계되어 있다.

##### ③ 용융공정

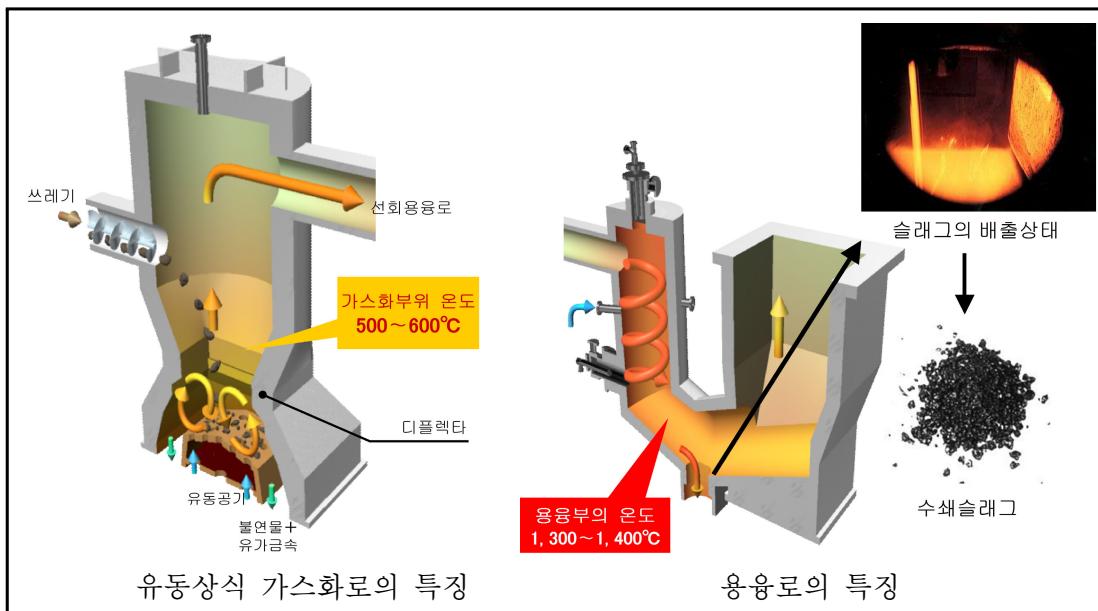
가스화로에서 발생된 연료가스는 덕트를 통하여 선회류식 용융로에 비산재와 함께 공급되어 1,300~1,400°C의 고온에서 용융이 행해지며, 비산재는 용융과 동시에 다이옥신을 산화분해하며 용융슬래그는 연속출탕 된다.

##### ④ 슬래그 재활용

용융공정에서 생산된 슬래그는 보도블럭, 도로포장재 등으로 재활용 된다.

### ⑤ 유가금속 선별

부분적으로만 산화된 금속류가 불연물과 함께 배출되어 선별됨으로써 유가금속의 회수가 가능하다.



<그림 5-7> 유동상 가스화 용융로(예시)

## 다. Pusher식 열분해용융시스템

### (1) 원리

석탄을 고온처리하여 탄산가스를 만드는 기술을 폐기물처리에 응용한 기술로 폐기물을 가열로에 압입시켜 600°C의 열로 고온가스(1차 800°C, 2차 1,200°C 이상)를 생성시켜 열분해처리하고, 이 과정에서 남는 무기물질은 탄화시켜 2,000°C 이상에서 용융처리하여 도로포장용 및 콘크리트골재 등으로 재활용 한다.

### (2) 처리공정

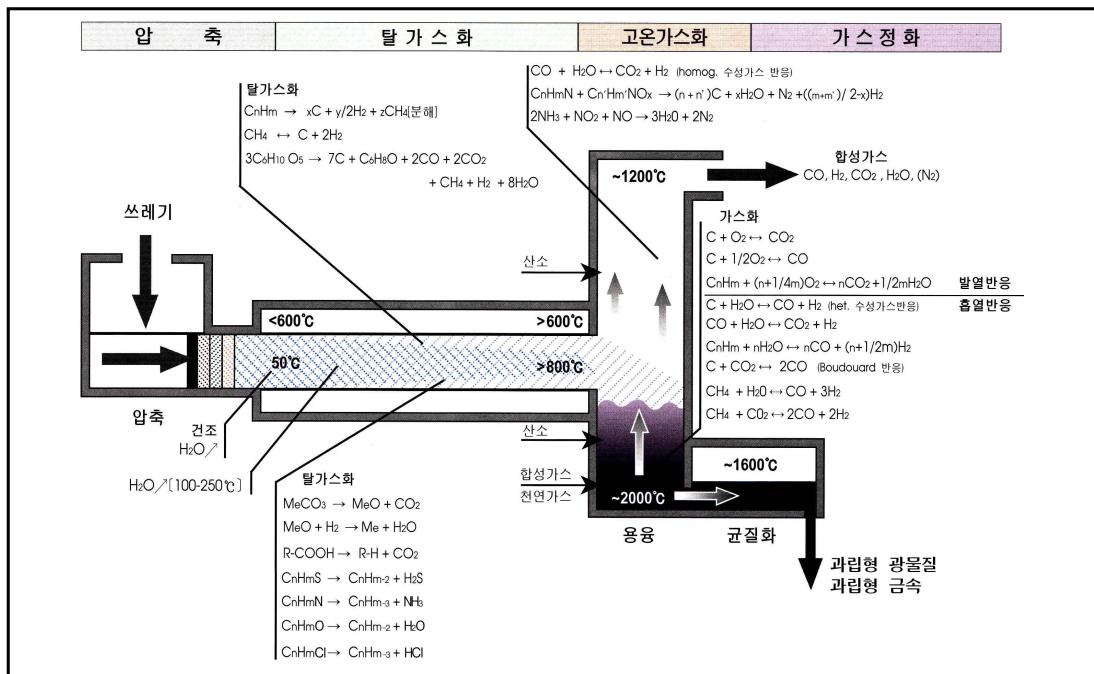
투입된 폐기물은 유압에 의해 압축된 후 간접 가열된 탈가스화통로(약 600°C)로 투입된 후 압축됨으로서 폐기물의 밀도는 매우 높아지고 잔류공기의 함량은 줄어든다.

폐기물덩어리가 무산소상태의 통로로 밀려들어 가면서, 물은 증발되고 폐기물안에 있는 유기성분은 부분적으로 탈가스화 되어지고 온도가 상승됨에 따라 석탄 같은 물질로 바뀐다. 탈가스

화 통로에서 약 2시간을 머무르게 되면 폐기물더미들은 후속공정인 고온반응로(HTR)에 투입된다.

HTR은 순수산소와 수증기를 사용하여 폐기물의 유기성 성분을 합성가스(1,200°C 이상)로, 무기성 성분을 용융된 액체상태(2,000°C 이상)로 변환시키며, 탈가스화 공정의 잔재물은 탈가스화 통로로부터 이것과 직접 연결되어 있는 HTR의 약 1/3정도 하단부분으로 흘러간다.

무기물질의 용융과 광물질성분의 균질화는 HTR과 직접 연결되어 있는 2차 균질반응조에서 이루어지며 탄소잔류수준을 줄이고 1,600°C 이상의 용융온도를 유지시키기 위하여 산소와 가연성가스가 더해진다.



<그림 5-8> Pusher식 열분해용-용융시스템 흐름도(예시)

### ① 폐기물 투입 및 압축 공정

폐기물은 유압프레스에 의해 압축되어 간접 가열된 탈가스화 통로(약  $600^{\circ}\text{C}$ )로 투입된다. 유압 프레스에 의한 압축으로 폐기물의 밀도는 매우 높아지고 잔류공기의 함량은 줄어든다. 압축하는 동안 액상폐기물들이 남은 구멍들로 흘러들어가고 큰 물질들은 파쇄된다.

### ② 탈가스화 - 가스화 - 용융공정

폐기물이 무산소상태의 통로로 밀려들어가면, 석탄같은 물질로 바뀐 상태에서  $600^{\circ}\text{C}$  이상으로 가열된다. 이 상태에서 약 2시간을 머무르게 된다.

고온반응로(HTR)는 순수산소를 사용하여 폐기물의 유기성 성분은 합성가스( $1,200^{\circ}\text{C}$  이상)로

만들고 고온반응로와 직접연결된 2차 균질반응조에서는 무기성 성분을 균질화된 액체상태 (2,000°C 이상)로 변환시킨다.

2차 균질반응조 후단에서는 탄소 잔류수준을 줄이기 위하여 1,600°C 이상의 온도를 유지시키기 위하여 산소와 가연성 가스가 더해진다.

### ③ 가스정화

급속냉각 시 가스와 물의 비율을 약 1:25로 하여 1,200°C에서 80°C이하로 합성가스를 직접 급속 냉각시키게 되면 유기화합물의 재형성을 방지할 수 있다.

급속냉각 시 발생하는 침전물은 무기물질(주로 황)의 슬러지와  $2\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{CO}_2$ 에서 형성된 소량의 탄소가 침전물로 발생한다.

합성가스는 급속냉각 후, 중화, 제진, 탈황, 가스건조 세정탑 등의 과정을 거쳐 세정되고 합성 가스 보일러의 열원으로 사용된다.

### ④ 슬래그 재활용

생산된 슬래그는 보도블럭 또는 도로포장재로 재활용된다

## 라. Shaft로 방식

### (1) 원리

샤프트로식 가스화용융로에 있어서 폐기물 중의 가연분은 하나의 노내에서 (1)건조, 열분해, (2)솔루션반응, (3)코우크스와 폐기물의 고온용융 등의 완전히 다른 세가지의 프로세스에 의하여 가스화 된다. 여기서 솔루션반응에 의한 가스화는 코우크스와 폐기물 중의 탄소가 하부의 고온용융 대역에서 상승하는 고온의 이산화탄소 가스와 반응하여 일산화탄소 가스로 전환하는 것이다. 본 반응은 측면의 홀에서 공급된 산소가 연소되어 소비되고 온도가 1,800°C를 초과하는 온도에서부터 흡열에 의하여 가스의 온도가 1,000°C이하로 되는 온도의 범위까지 진행된다.

### (2) 공정설명

#### ① 폐기물 투입공정

로의 중앙 상부에서 용융 대상물(폐기물)은 폐기물 크레인에 의해 슈트로 투입된다. 슈트에는 2중 구조의 Damper와 질소 Purge설비가 설치되어 있어 용융로의 고온 유해가스 및 열분해 가스가 외부로 분출되지 않는 안전한 구조로 되어있다.

## ② 용융공정

건조, 예열, 열분해, 용융 등의 공정이 한 개의 로내에서 이루어진다는 것이 본 공정의 가장 큰 특징이다. 로 내는 상부에서부터 건조 예열대(약 300°C), 열분해 가스화대(300~1000°C), 연소대(1000°C), 용융대(1700~1800°C)로 구분되어 있다.

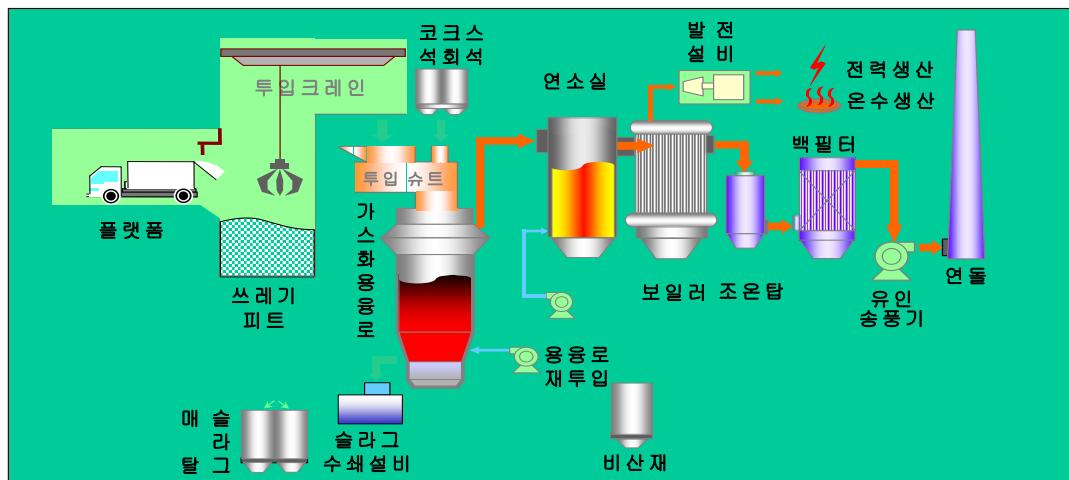
투입된 폐기물은 건조·예열대에서는 가열되어 수분이 증발된다. 이와 같이 건조된 폐기물은 아래층으로 하강하여 열분해 가스화대에서 가연분이 가스화 된다. 이러한 열분해 가스는 로상부로 배출되어 후단의 연소실에서 완전 연소되고 이 후에 폐열보일러 등에서 열을 회수한다. 가스화 되지 않고 남아 있는 폐기물중의 탄소성분은 연소대의 상단 측면 홀에서 공급되는 공기에 의해 연소된다. 폐기물중의 회분과 불연물은 코크스와 함께 용융대까지 하강한다. 코우크스는 하단의 측면에서 공급되는 산소가 풍부한 공기에 의하여 고온 연소되어 고열을 발생하고 이 열에 의하여 회분과 불연물이 완전히 용융된다. 폐기물을 1700~1800°C에서 용융시켜 균일한 양질의 슬래그를 생성하고 다이옥신 전구체를 완전분해시켜 대기 오염방지에도 기여한다.

## ③ 슬래그 수쇄공정

용융물은 염기도가 조정되어 유동에 적정한 점도를 가지며, 수쇄처리장치로 떨어진 용융물은 급냉되면서 자선기에 의해 슬래그와 메탈로 분리되어 별도 저장, 판매된다.

## ④ 슬래그 재활용

생산된 슬래그는 보도블럭 또는 도로포장재로 재활용된다.



<그림 5-9> Shaft로 방식 Process(예식)

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

신규시설 소각처리방식 검토

제 6 장

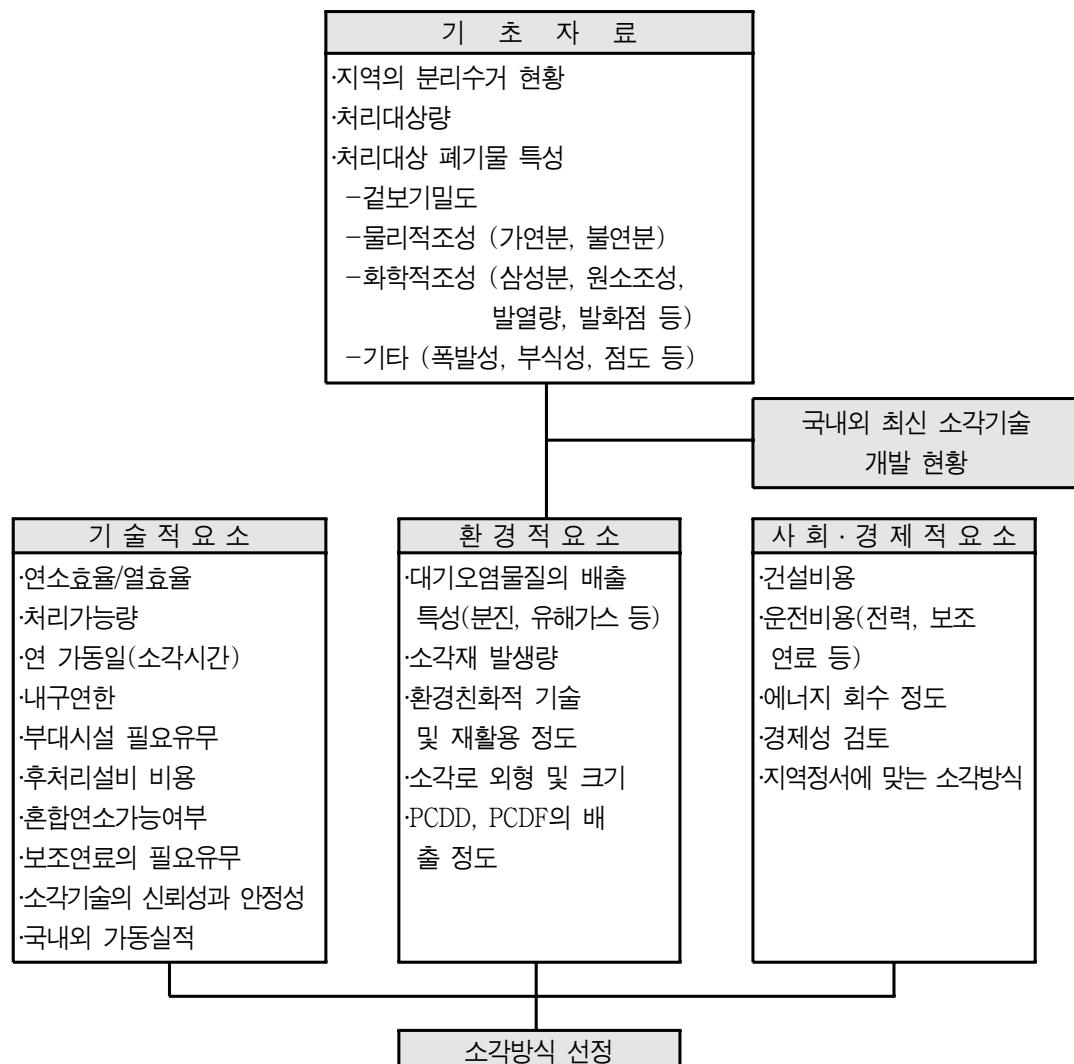
## 제6장

# 신규시설 소각처리방식 검토

### 1. 소각처리방식 비교검토

#### 가. 소각처리방식의 선정과정

소각시설 설치사업은 막대한 사업비와 기술적인 경험이 필요한 대형공사로서 사업의 핵심이라고 할 수 있는 소각방식의 선정에는 신중을 기하여야 하며 다음과 같이 기술적 요소, 환경적 요소, 사회·경제적 요소를 고려하여 소각처리방식을 선정하여야 한다.



<그림 6-1> 소각방식의 선정과정

## 나. 대표적인 기존 소각방식비교

국내·외에서 가장 널리 사용되는 폐기물 소각방식은 화격자식(Stoker Type)이며, 폐기물의 특성 및 혼소에 따른 처리대상 폐기물의 성상에 따라 유동상식(Fluidized-bed Type)을 도입하고 있는 상황이다. 따라서 대표적인 기존 소각방식으로 스토카식과 유동상식을 선정하여 비교·검토하였다.

&lt;표 6-1&gt; 대표적인 기존 소각방식 비교

구 분	스토카식 (Stoker type)	유동상식(Fluidized Bed type)
1)소각로규모	■ 소규모 및 대규모 소각로에 적합함.	■ 100톤/일 이하 중소규모 소각로에 적합
2)폐기물성상	■ 플라스틱 혼입율이 높은 고질폐기물은 스토카 속도 조절 및 연소공기량의 부족에 제약을 받고 저질폐기물의 경우 850°C 이상로 내온도유지를 위해 조연이 필요함. ■ 생활폐기물 소각에 적합.	■ 고질에서 저질까지 폐기물처리범위가 넓다. 그러나 저질폐기물의 경우 조연이 필요하고 고질폐기물의 경우 로출구 온도의 상승을 일으키기 쉬움. ■ 사업장 폐기물 소각에 적합.
3)전처리	■ 대형폐기물 이외에는 불필요	■ 150mm 이하로 파쇄를 위한 전처리 필요
4)폐기물투입 · 공급설비	■ 크레인, 투입구, 급진장치 등으로 구성	■ 크레인, 투입구, 파쇄파봉기, 정량공급기로 구성
5)연소열량 변 동	■로 중에 폐기물이 일정량 확보되어 정량연소되므로 연소열량 변동이 적음.	■ 순간연소이므로 연소열량이 폐기물 성상에 따라 변동되어 연소열량 제어 난이함.
6)초기연소	■ 정기점검 후 승온시간은 유동상식과 비슷 하나, 단시간 정지 후 승온시간은 유동상보다 비교적 길음	■ 정기점검 후 승온시간은 스토카식과 비슷 하나 단시간 정지후 승온시간은 축열효과로 인해 짧으므로 준연속 설비로도 적합
7)연소효율	■ 평면 소각이므로 연소효율이 평균수준임	■ 유동층 연소이므로 연소효율이 높음
8)분 진	■ 잔사량이 적어 제진대책이 용이하다. 재냉각수조가 필요하고 무기계 폐수설비가 필요함.	■ 비산재량이 많아 충분한 제진대책이 필요하다. 소각잔사는 건식처리가 가능하여 재오수가 발생하지 않음
9)배출가스	■ 대기오염방지시설로 처리 가능 ■ 공기비가 1.7~2.4로 비교적 커서 배가스량이 많음	■ 좌동(로내 알카리제 투입으로 HCl, SOx제거 가능) ■ 공기비가 1.5~2.0로 비교적 적어 배가스량이 적음

&lt;표 6-1&gt; 계 속

구 분	스토카 (Stoker type)	유동상식(Fluidized Bed type)
10)소음·진동	■ 소음·진동에 대한 대책인 불필요함.	■ 소음·진동에 대한 대책이 필요함.
11)운전특성	■ 연속운전에 적합	■ 연속운전 및 준연속운전에 적합 ■ 준연속운전시 로내 축열효과로 단시간 가동정지 가능
12)관리요원	■ 전처리설비가 없으며 소요인원이 비교적 적음	■ 소요인원이 비교적 적음
13)유지보수	■ 스토카의 구동부위에 대한 보수가 필요함	■ 유동사에 의한 마모대책이 요구됨
14)여열이용	■ 연소열량 변동이 적어 열회수가 안정적이며 난방, 발전 등 여열이용에 적합함.	■ 순간연소이므로 열량 변동이 다소 발생하나 난방, 발전등 여열이용에 적합함
15)건설비	보통	다소 높음
16)유지관리비	보통	보통
17)국내설치 현황	■ 국내 설치 및 운영실적 다수	■ 국내 설치 및 운영실적 적음
18)해외설치 현황	■ 전세계에 1,000여개이상 보급 설치되어 운영중임	■ 유럽, 일본 등지에 일부 보급되어 설치 운영중임

#### 다. 열분해가스화용방식의 비교

해외에서 실증플랜트로 상용운전 실적이 있는 열분해가스화용방식의 신기술 소각방식의 원리 특징, 적용실적 등을 비교 검토하였다.

&lt;표 6-2&gt; 열분해(가스화)용-융방식 비교

구분	분리형 (Kiln 방식)	분리형(유동상 방식)	분리형 (Pusher 방식)	일체형 (Shaft 방식)
기술보유사 / 제휴사	<ul style="list-style-type: none"> <li>동부건설(Mitsui Zosen, 일본)</li> <li>효성에바리환경엔지ニア링(에바리제작소, 일본)</li> <li>롯데건설(KOBELCO'S, 일본)</li> <li>사학건설(Hitz, 일본)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내우건설(Thermoselect, 스위스)</li> <li>포스코건설(신일본제철, 일본)</li> </ul>	<pre> graph TD     A[투입(폐기물)] --&gt; B[열분해/용융]     B --&gt; C[코크스/석회석]     C --&gt; D[Slag 수 쇄설비]     D --&gt; E[재활용]     E --&gt; F[2차 연소실]     F --&gt; G[재활용]     G --&gt; H[폐열보일러]     H --&gt; I[연소기스 처리시설]     I --&gt; J[배출(Stack)]   </pre>	<pre> graph TD     A[압축(폐기물)] --&gt; B[탈가스(600°C)]     B --&gt; C[고온반응로(1,200)]     C --&gt; D[재활용]     D --&gt; E[Slag 수 쇄설비]     E --&gt; F[재활용]     F --&gt; G[용융(2,000°C)]     G --&gt; H[냉각(70°C)]     H --&gt; I[폐수]     I --&gt; J[가스정화]     J --&gt; K[합성가스보일러]     K --&gt; L[연소기스 처리시설]     L --&gt; M[폐열보일러]     M --&gt; N[연소용융로(1,350°C)]     N --&gt; O[폐열보일러]     O --&gt; P[연소용융로(1,200°C)]     P --&gt; Q[폐열보일러]     Q --&gt; R[연소기스 처리시설]     R --&gt; S[폐열보일러]     S --&gt; T[연소용융로(1,350°C)]     T --&gt; U[폐열보일러]     U --&gt; V[연소기스 처리시설]     V --&gt; W[폐열보일러]     W --&gt; X[연소용융로(1,350°C)]     X --&gt; Y[폐열보일러]     Y --&gt; Z[연소기스 처리시설]     Z --&gt; AA[폐열보일러]     AA --&gt; BB[연소용융로(1,350°C)]     BB --&gt; CC[폐열보일러]     CC --&gt; DD[연소기스 처리시설]     DD --&gt; EE[폐열보일러]     EE --&gt; FF[연소용융로(1,350°C)]     FF --&gt; GG[폐열보일러]     GG --&gt; HH[연소기스 처리시설]     HH --&gt; II[폐열보일러]     II --&gt; JJ[연소용융로(1,350°C)]     JJ --&gt; KK[폐열보일러]     KK --&gt; LL[연소기스 처리시설]     LL --&gt; MM[폐열보일러]     MM --&gt; NN[연소용융로(1,350°C)]     NN --&gt; OO[폐열보일러]     OO --&gt; PP[연소기스 처리시설]     PP --&gt; QQ[폐열보일러]     QQ --&gt; RR[연소용융로(1,350°C)]     RR --&gt; TT[폐열보일러]     TT --&gt; YY[연소기스 처리시설]     YY --&gt; ZZ[폐열보일러]     ZZ --&gt; AA   </pre>
공정도 및 원리	<p>• 투입폐기물은 열분해드럼에서 약 1시간에 걸쳐 무 산소 상태의 약 450 °C에서 열분해 된다.</p> <p>• 열분해기스는 연소용융로에 투입되고, 고형물은 낭 각드름을 거쳐 약 80 °C로 냉각되어 고형물 분별시스템으로 이송</p> <p>• 고형물분별시스템에서 철금속, 비철금속, 금은 입자 성 무기질과 열분해기본으로 분리하고, 분리된 기본은 분쇄후 연소용융로에 투입</p> <p>• 열분해기스와 열분해카본, 비산재등을 포함한 미세한 고상잔재들은 연소용융로에서 1300 °C의 고온에서 연소, 용융되어 연소용융로 하부의 슬래그에 도달, 냉각수조에서 금방되어 유리질의 슬래그로 응고</p>	<p>• 유동상로와 선화용로를 접목시킨 방식</p> <p>• 550 ~ 630 °C로 가열된 유동충진내에 폐기물을 투입하여 건조-가스화 시킨다.</p> <p>• 유동의 가스화로에서 발생된 가스는 선화식 용융로로 보내어 연소공기와 함께 선화이면에서 130 ~ 1450 °C의 고온에서 연소 0 ~ 1450 °C의 고온공기, 디플렉터, 공기분산판의 3요소에 의해 로내의 기계적 구동부가 있는 구조로서 유동매체인 모래가 양쪽으로부터 강력하게 중앙으로 향하는 선화류를 형성함으로 파고효과에 의해 폐기물의 처리가 가능</p> <p>• 용융로내부는 비산재를 포함하고 있는 열분해가스의 선화효과에 의해 용융로 1차 연소실이 사이클론 역할을 하여 비산재가 용융로벽에 출당구를 통해 배출되며, 냉각수조에서 유리질의 슬래그로 응고</p>	<p>• 압축→탈가스화→고온가스화→용융의 4단계로 구성</p> <p>• 압축(Compressing) : 투입된 폐기물을 고압으로 죽이여 밀도를 증가시켜 유입공기를 최소화하고 고령물에 포함된 액상을 고르게 분포시킨다.</p> <p>• Degassing(Pyrolysis) : 압축된 폐기물을 초기에는 100 ~ 200 °C로 건조하고, 후단에서는 600 °C로 열분해된다. 전체 체류시간은 약 1.5 ~ 2시간 정도이다.</p> <p>• Gasification : 1200 °C에서 약 4초이상 유지하여 가스화한다. 산소는 1bar의 기압으로 유입되고 고온 상태에서 char는 H<sub>2</sub>와 CO로 전환된다.</p> <p>• 가스화 반응에서 무기물은 고온에서 용융후 배출되며, 냉각수조에서 금방되어 유리질의 그레뉼 슬래그로 응고</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용융로 본체는 세로형 Shaft이며 로의 중앙 상부에 서 용융내성물(폐기물)과 코크스 및 석회석을 투입</li> <li>• 내부는 상부로부터 건조-예열대(300~400 °C), 해-가스화대(300~1,000 °C), 연소-용융대(1,800 °C)로 구분</li> <li>• 건조-예열대에서는 폐기물이 가열되어 수분이 증발</li> <li>• 건조된 폐기물은 점차 강아하여 열분해-가스화대에서 가연분이 가스화하여 후단의 연소실에서 연소</li> <li>• 가스화도자 않고 남은 재는 코크스와 함께 연소-용융대로 강아</li> <li>• 코크스는 우구로부터 공급되는 공기에 의해 연소되어 고온고열을 내고 이열에 의해 재가 완전히 용융</li> <li>• 용융물은 투입된 석회석중의 CaO에 의해 염기도가 조정되고 출당구를 통해 배출되며, 냉각수조에서 금방되어 유리질의 그레뉼 형태의 슬래그로 응고</li> </ul>

&lt;표 6-2&gt; 계 속

구 분	분리형 (Klin 방식)	분리형(유동상 방식)	분리형 (Pusher 방식)	일체형 (Shaft 방식)
운전온도	<ul style="list-style-type: none"> <li>열분해드럼 : 450°C</li> <li>연소용융로 : 1,300°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스화로 : 550 ~ 630°C</li> <li>연소용융로 : 1,300 ~ 1,450°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>틸가스 : 600°C</li> <li>고온반응로 : 1,200°C</li> <li>총 : 2,000°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건조예열대 : 300 ~ 400°C</li> <li>열분해-가스화대 : 300~1,000°C</li> <li>연소용융대 : 1,800°C</li> </ul>
전처리조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물전처리 피쇄필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물전처리 피쇄필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>투입구보다 클 경우 피쇄 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내행폐기물외 별도시설 불필요</li> </ul>
작용대상 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활폐기물, 사업장폐기물처리기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활폐기물, 사업장폐기물처리기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활폐기물, 사업장폐기물처리기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활폐기물, 사업장폐기물처리기능</li> </ul>
주요특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>열분해드럼과 용융로를 결합한 방식</li> <li>고질의 유가금속 회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유동상식 로와 용융로를 결합한 방식</li> <li>고질의 유가금속 회수 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물을 청정연료로 전환하여 합성가스를 연소시켜 에너지 회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생활폐기물, 사업장폐기물처리기능</li> <li>하나의 로에서 열분해기스화 및 용융이 일어남</li> </ul>
부산물자원화 설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>자력선별기, 알루미늄선별기, 슬래그회수설비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자력선별기, 알루미늄선별기, 슬래그회수설비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성가스 정제설비, 슬래그 회수설비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자력선별기, 알루미늄선별기, 슬래그회수설비</li> </ul>
출탕방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>연속출탕</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연속출탕</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연속출탕</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>간헐출탕 (1시간에 1회)</li> </ul>
보조연료 및 첨가제	<ul style="list-style-type: none"> <li>보조연료:LNG 또는 경유 (비상시 또는 간歇운전)</li> <li>첨가제 : -</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보조연료 : 연속운전 (LNG+순산소)</li> <li>첨가제 : -</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보조연료 : 연속운전 (코크스+순산소)</li> <li>첨가제 : 석회석 (연속운전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보조연료 : 연속운전 (코크스+순산소)</li> <li>첨가제 : 석회석 (연속운전)</li> </ul>
가스누출 방지설비	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>질소가스 충전설비 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>질소가스 충전설비 필요</li> </ul>
운전의 용이성	<ul style="list-style-type: none"> <li>쉽다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>쉽다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다소 어렵다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다소 어렵다.</li> </ul>
배기 처리시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>반건식반응탑 / 활성탄공급설비 / 예고집전기 / 선박적축제현원탑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dioxin(ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>) : 0.010이하</li> <li>HCl(ppm) : 100이하</li> <li>SOx(ppm) : 100이하</li> <li>dust(mg/Sm<sup>3</sup>) : 100이하</li> <li>NOx(ppm) : 500이하</li> <li>CO(ppm) : 3000이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기스화후 청정형태의 합성가스를 회수하여 사용이므로 별도의 배가스 처리설비 불필요.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dioxin(ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>) : 0.010이하</li> <li>HCl(ppm) : 100이하</li> <li>SOx(ppm) : 100이하</li> <li>dust(mg/Sm<sup>3</sup>) : 100이하</li> <li>NOx(ppm) : 500이하</li> <li>CO(ppm) : 3000이하</li> </ul>
차대기오염물질 배출 보증치	<ul style="list-style-type: none"> <li>발생량 : 보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>
설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>중금속용출 : 관련법규 충족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련법규 충족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련법규 충족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련법규 충족</li> </ul>
설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>냉각 방식 : 수냉식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수냉식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수냉식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수냉식</li> </ul>
제활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>보도블럭/도로포장 아스팔트포장용 골재등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보도블럭/도로포장 아스팔트포장용 골재등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보도블럭/도로포장 아스팔트포장용 골재등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보도블럭/도로포장 아스팔트포장용 골재등</li> </ul>
건설공사비	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>
운영관리비	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통</li> </ul>

&lt;표 6-2&gt; 계 속

구 分		분리형 (Kiln 방식)	분리형(유동상 방식)	분리형 (Pusher 방식)	일체형 (Shaft 방식)
폐수 발생량	•소량	•무기계/유기계 처리 후 장내 재활용 •폐기물 침출수를 내내에 분사하여 고온산화처리	•무기계/유기계 처리 후 장내 재활용 •폐기물 침출수를 내내에 분사하여 고온산화처리	•다량 •소량	•무기계/유기계 처리 후 장내 재활용 •폐기물 침출수를 내내에 분사하여 고온산화처리
수 폐수 처리	•보조연료 없이 폐기를 자체발열량으로 용융이 가능 •다이옥신을 비롯한 대기오염배출량이 극히 적음 •생활폐기물 및 산업폐기물 처리 가능 •유기금속을 산화되거나 않은 상태에서 회수 가능 •Kiln형으로 폐기물부하변동에 강하고 질적, 열량적 변동에 대처 가능	•보조연료 없이 폐기를 자체발열량으로 용융이 가능 •다이옥신을 비롯한 대기오염배출량이 극히 적음 •생활폐기물 및 산업폐기물 처리 가능 •유기금속을 산화되거나 않은 상태에서 개별적 회수 가능 •Kiln형으로 폐기물부하변동에 강하고 질적, 열량적 변동에 대처 가능	•보조연료 없이 폐기를 자체발열량으로 용융이 가능 •다이옥신을 비롯한 대기오염배출량이 극히 적음 •생활폐기물 및 산업폐기물 처리 가능 •유기금속을 산화되거나 않은 상태에서 개별적 회수 가능 •Kiln형으로 폐기물부하변동에 강하고 질적, 열량적 변동에 대처 가능	•대량폐기물을 제외한 폐기물에 대하여 전처리설비 불필요 •다이옥신등 대기오염물질 배출량이 극히 적음 •생활폐기물 및 산업폐기물 처리 가능 •모든 부산물 재활용, 매립불필요 •합성가스 이용에 따른 재활용률 증가	•건조/열분해 + 열분해/가스화 + 연소/용융공정이 일체형으로 폐기물투입량에 따라 산소 투입량 조절 •다이옥신을 비롯한 대기오염배출량이 극히 적음 •생활폐기물 및 산업폐기물 처리 가능 •고수분폐기물에도 연소조건을 일정하게 유지 가능 •불연물 배출이 없다.
장 점	•소량의 불연물 발생 •전처리 파쇄가 필요함 •가스누출 가능성있음 •일체형에 비해 공정설비가 복잡한 편임	•소량의 불연물 발생 •전처리 파쇄가 필요함 •가스누출 가능성있음 •일체형에 비해 공정설비가 복잡한 편임	•다량의 폐수발생 •보조연료소모가 타방식에 비해 다소 많은 편 •고온에서 폐기물을 압축하여 투입함에 따라 열응력과 기계적 손상, 미모를 고려한 제질 선택 •가스누출 가능성 있음 •산소공급장치(PSA) 설치	•양산자원회수시설 (100톤/일×2기) : 건설 중 •고양시환경에너지시설(150톤/일×2기) : 건설 중	•양주권 광역자원회수시설(100톤/일×2기) : 공사 중 •발성지방산업단지 폐기물처리시설(70톤/일×1기) •Pilot Plant(25톤/일)
단 점	•국내 적용실적	•양주권 광역자원회수시설(100톤/일×2기) : 공사 중 •발성지방산업단지 폐기물처리시설(70톤/일×1기)	•양산자원회수시설 (100톤/일×2기) : 건설 중 •고양시환경에너지시설(150톤/일×2기) : 건설 중		

## 라. 기존 소각방식과 열분해용융방식의 비교

이상 검토된 기존 소각방식인 스토카식 소각시스템과 유동상식 소각시스템은 간단하고 처리가 손쉬운 Mass Burning에 의한 연소로 반응과정에서 대량의 과잉공기가 필요하고 이로 인한 배출가스의 처리가 어려운 점이 있다. 반면, 열분해용융방식은 최소의 공기(또는 산소)로 폐기물을 연소가 아닌 열적분해(탄화)시켜 가스화/챠르(Char)화하고 생성된 가스를 재연소시키는 과정에서 배출가스중의 환경오염물질을 최소화 시키며, 이때 발생하는 고온의 연소열을 이용하여 분해잔재물을 용융처리 함으로써 친환경적 처리에 역점을 두고 있다.

또한, 기존 소각방식에는 처리대상 폐기물의 12~15% 정도 발생하는 바닥재와 비산재의 처리에 막대한 비용이 소요되고 있으며, 운반 및 최종처분 과정에서 주위 환경에 악역향을 끼치고 있으나, 열분해용융방식에서는 소각재를 고온에서 용융시켜 재활용이 가능한 슬래그 형태로 배출하여 소위 Zero Emission System을 지향하고 있다.

기존 소각방식과 열분해용융방식을 비교하면 <표 6-4> 와 같다.

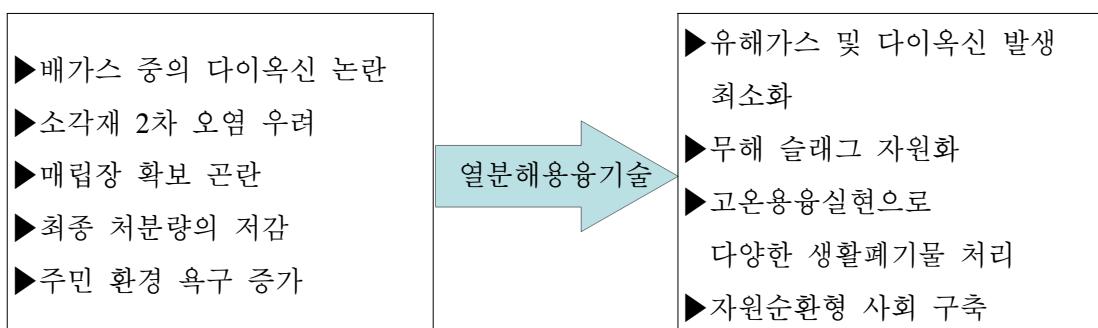
<표 6-3> 기존 소각방식과 열분해용융방식 비교

구분	항 목	기 존 방 식	열분해용융 방 식
폐 카 니 즘	반응형태	연 소 (산소공급)	분 해 (저산소)
	열 이 동	발열반응	흡열반응
	처리온도	연 소 : 900~950°C	분해 · 가스화 : 500~1,200°C 용융 : 1,300~1,800°C
	열 원 및 소요부자재	폐기물 열량 자체 이용 (소각재 용융시에는 별도 열원 필요)	열 원: 폐기물 +부자재 부자재: 산소, 코크스등 필요
	에너지 회수	폐 열	폐 열 연료생산가능(합성가스 등)
	배출가스량	많음 (100)	적음 (70)
경 제 성	공해방지	○ 다이옥신: 0.02~0.1 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup> 이하 보증 ○ 기타: 배출규제기준 이하 만족	○ 다이옥신: 0.01 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup> 이하 보증 ○ 기타: 배출규제기준 이하 만족
	건설비	100 (스토카식 기준) 120~150(※소각재 용융설비 포함시)	150 (※방식에 따라 차이)
	운영비	100 (※소각재 용융설비 운영시 120)	70~80 (합성가스, 슬래그, 유가금속, 전기 판매비용 포함시)
설 비 특 징	소요 부지면적	100	80~150 (※부대설비에 따라 차이)
	전처리설비	스토카식 : 불필요 유동상식 : 필 요	방식에 따라 차이가 있음
	처리가능 폐 기 물	○ 극히 낮은 발열량의 불연물 포함 모든 폐기물 처리 가능 (Mass burning)	○ 불연물 포함 저발열량 폐기물 처리 가능
	소각재	○ 소각재 발생량 많고 별도의 처리(고형화, 용융 등)시설이 필요함.	○ 소각잔사 발생량 적고 용융처리 하기 때문에 2 차 환경오염이 적음.
국내 적용실적		○ 많음	○ 상용실적 적음

## 2. 신규시설 소각처리방식 검토

현재, 대구광역시 소각시설이 안고 있는 고발열량 생활폐기물 소각에 따른 소각시설 가동을 저하 및 고온의 연소가스에 의한 설비부식 등의 문제점을 해결하기 위하여 기존 시설을 전면철거하고 신규시설을 설치하는 방안을 검토함에 있어 기존 소각방식 중 폐기물성상에의 적용성, 기술적 안정성, 발전 및 여열이용, 경제성 등 과거에 주로 검토되었던 관점에서 중대형 규모에 유리하고 유지관리가 용이한 스토카방식 소각시스템도 적합한 것으로 검토되었다. 그러나, 최근에 일본 및 유럽을 중심으로 적용사례가 급속히 증가하고 있으며, 국내에서도 그 기술적 안정성과 우수성이 입증되어 점차 적용사례(2006년 12월 현재, 공사 중 : 6개소, 계획중 : 다수)가 확대되고 있는 열분해용융방식을 선정하는 것이 폐기물 소각에 의한 배출가스 및 소각재에 남아있는 2차 환경오염물질에 대한 우려와 지역주민들의 신기술에 대한 높은 관심 측면에서 보다 바람직하다고 할 수 있다.

- 다이옥신 발생량 감소로 지역주민의 환경욕구 충족(민원해소)
- 소각재의 슬래그(slag)화로 차후 매립 및 재활용시 2차 오염에 대한 부담해소
- 일본 등 선진국에서 적용이 확대되고 있는 진보된 선진기술
- 외국에서 가동실적이 있어 신뢰성이 확보된 기술
- 폐기물의 무해처리에 대한 차세대 선진기술 도입 및 확보의 필요성 대두



<그림 6-2> 열분해용융기술의 기대효과

&lt;표 6-4&gt; 일본에서의 생활폐기물 처리시설 발주형태

구 분	열분해 용융	스토커식			유동상식			기타	계
		소각	소각+ 재용융	계	소각	소각+ 재용융	계		
2000. 04~ 2001. 03	<b>33</b>	6	<b>18</b>	24	3	<b>4</b>	7	3	<b>67</b>
2001. 04~ 2002. 03	<b>15</b>	3	<b>2</b>	5	-	<b>1</b>	1	6	<b>27</b>
2002. 04~ 2003. 03	<b>9</b>	3	<b>5</b>	8	2	-	2	-	<b>19</b>
2003. 04~ 2004. 03	<b>12</b>	2	<b>3</b>	5	-	-	-	2	<b>19</b>
2004. 04~ 2005. 03	<b>8</b>	1	<b>4</b>	5	-	-	-	1	<b>14</b>
계	<b>77</b>	15	<b>32</b>	47	5	<b>5</b>	10	12	<b>146</b>

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

신규시설 추정사업비 및 사업추진방안 검토

**제 7 장**

## 제7장

## 신규시설 추정사업비 및 사업추진방안 검토

## 1. 신규시설 추정사업비

## 가. 스토카식 소각로

대구광역시 신규 소각시설의 방식을 스토카식 소각로로 채택하였을 경우, 소각시설 설치에 소요되는 사업비를 검토하기 위하여 최근에 발주된 스토카식 소각로의 소요예산을 조사하였다. 그 결과 단위소각용량 대비 소요예산은 약 2억 5천 4백만원으로 분석되었고, 따라서 대구광역시 기준 소각시설(1호기 : 200톤/일)을 대체할 신규 소각시설 설치에 소요되는 예산은 200톤/일 × 254 백만원 = 50,800 백만원으로 개략 추정되나 이는 사업추진 시기, 사업추진 방법 및 사업추진 범위 등에 따라 증감이 있을 수 있다.

&lt;표 7-1&gt; 최근 발주 스토카식 소각로 소요사업비

(단위 : 백만원, 부가세 포함)

구 분	이천시	청주시	익산시
발주년도	2004. 12	2005. 11	2006. 06
시설용량	300톤/일 (150톤/일×2기)	200톤/일 (200톤/일×1기)	200톤/일 (100톤/일×2기)
소각시설 공사비	69,150	46,000	48,000
감리비 및 부대비	5,650	3,718	4,803
계	74,800	49,718	52,803
톤당소요예산	249	249	264
톤당소요예산 평균	254		

※ 진입도로 및 주민편익시설 소요예산은 제외 함.

또한, 소요예산 조달은 국고지원을 최대한 사업비의 50%까지 지원받을 수 있으나, 현실적으로 인접 지자체와 광역처리시설로 설치하기에는 소각용량이 부족한 상황이므로 국비를 사업비의 30%, 지방비를 70%로 하여 소요예산 조달계획을 수립하면 다음 표와 같다.

&lt;표 7-2&gt; 연차별 사업비 조달계획(스토카식 소각로)

(단위 : 백만원)

구 분	사업개시년	사업개시년+1년	사업개시년+2년	계
국비(30%)	4,572	4,572	6,096	15,240
지방비(70%)	10,668	10,668	14,224	35,560
계	15,240	15,240	20,320	50,800

자료 : 환경부, 제2차 폐기물처리기본계획 작성지침, 2001, 연도별 투자배분 30%(1차년도), 30%(2차년도), 40%(3차년도)

## 나. 열분해용융방식

대구광역시 신규 소각시설의 방식을 열분해용융방식으로 채택하였을 경우, 최근에 발주된 열분해용융시설의 소요예산을 조사하면 단위용량 대비 약 3억 7천 6백만원으로 분석되었다. 따라서 대구광역시 소각시설(1호기 : 200톤/일)을 대체할 신규 열분해용융시설 설치에 소요되는 예산은 200톤/일 × 376 백만원 = 75,200 백만원으로 개략 추정되나 이는 사업추진 시기, 사업추진 방법 및 사업추진 범위 등에 따라 증감이 있을 수 있다.

&lt;표 7-3&gt; 최근 발주 열분해용융시설 소요사업비

(단위 : 백만원, 부가세 포함)

구 분	양주시	고양시	화성시
발주년도	2005. 08	2005. 10	2006. 09
시설용량	200톤/일 (100톤/일×2기)	300톤/일 (150톤/일×2기)	300톤/일 (150톤/일×2기)
열분해용융시설 공사비	73,000	95,005	111,000
감리비 및 부대비	2,815	10,295	8,000
계	75,815	105,300	119,000
톤당소요예산	379	351	397
톤당소요예산 평균		376	

※ 진입도로 및 주민편익시설 소요예산은 제외 함.

또한, 소요예산 조달은 현실적으로 인접 지자체와 광역처리시설로 설치하기 곤란한 상황이므로 국비를 사업비의 30%, 지방비를 70%로 하여 소요예산 조달계획을 수립하였다.

&lt;표 7-4&gt; 연차별 사업비 조달계획(열분해용·용시설)

(단위 : 백만원)

구 분	사업개시년	사업개시년+1년	사업개시년+2년	계
국비(30%)	6,768	6,768	9,024	22,560
지방비(70%)	15,792	15,792	21,056	52,640
계	22,560	22,560	30,080	75,200

자료 : 환경부, 제2차 폐기물처리기본계획 작성지침, 2001, 연도별 투자배분 30%(1차년도), 30%(2차년도), 40%(3차년도)

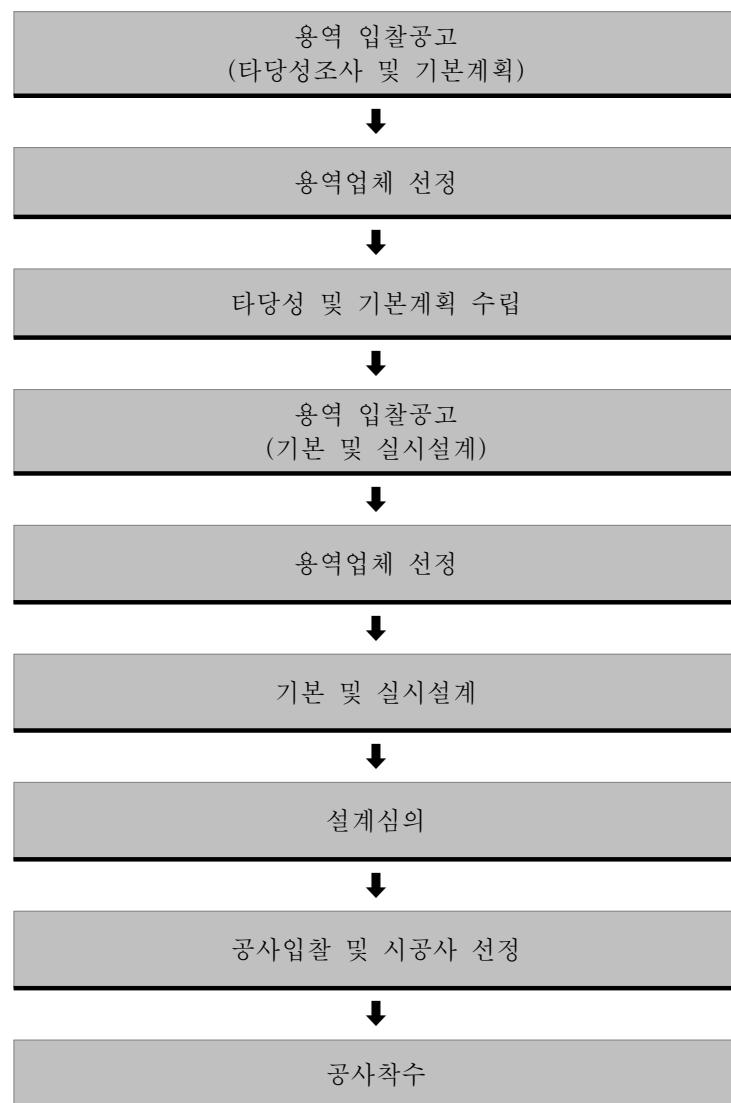
## 2. 사업추진방안

### 가. 기본방향

대구광역시 신규 소각시설 설치사업 추진방안과 관련하여 기타공사, 설계·시공 일괄입찰공사(Turn-Key), 민간투자사업(SOC)에 대하여 다음과 같이 비교검토 하였다.

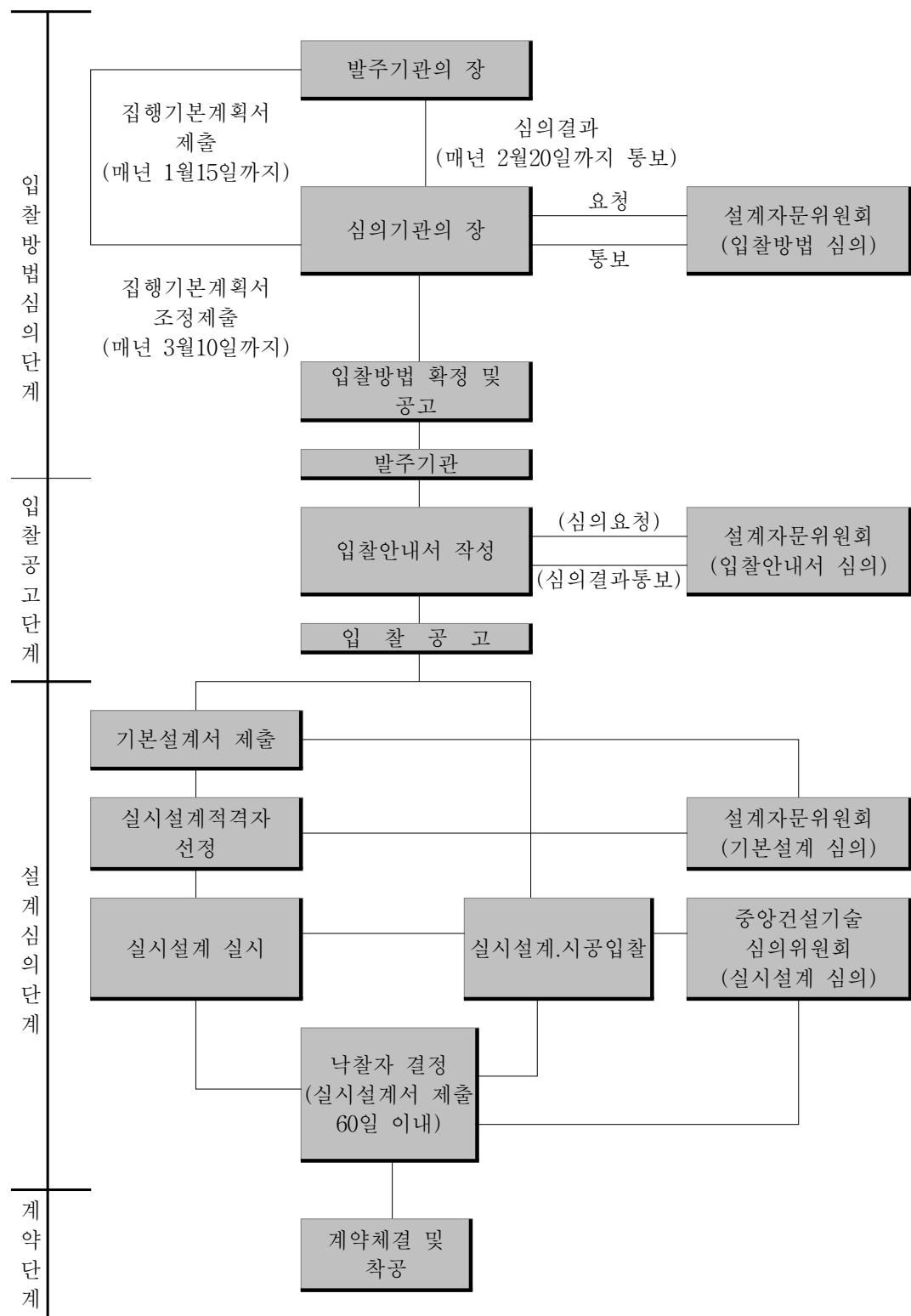
### 나. 사업추진절차

#### (1) 기타공사



<그림 7-1> 사업추진절차(기타공사)

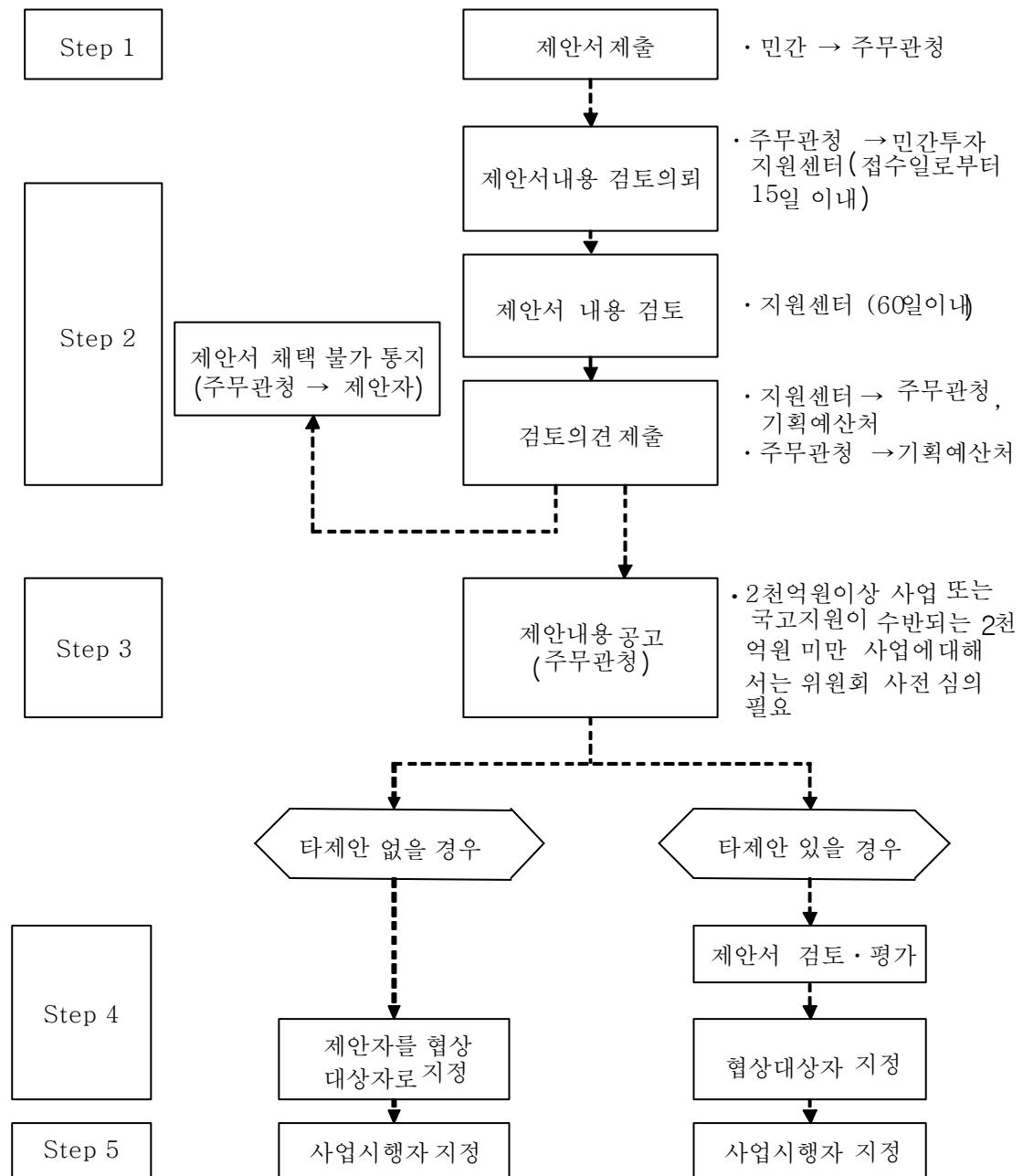
#### (2) 설계·시공 일괄입찰공사



<그림 7-2> 사업추진절차(설계·시공 일괄입찰)

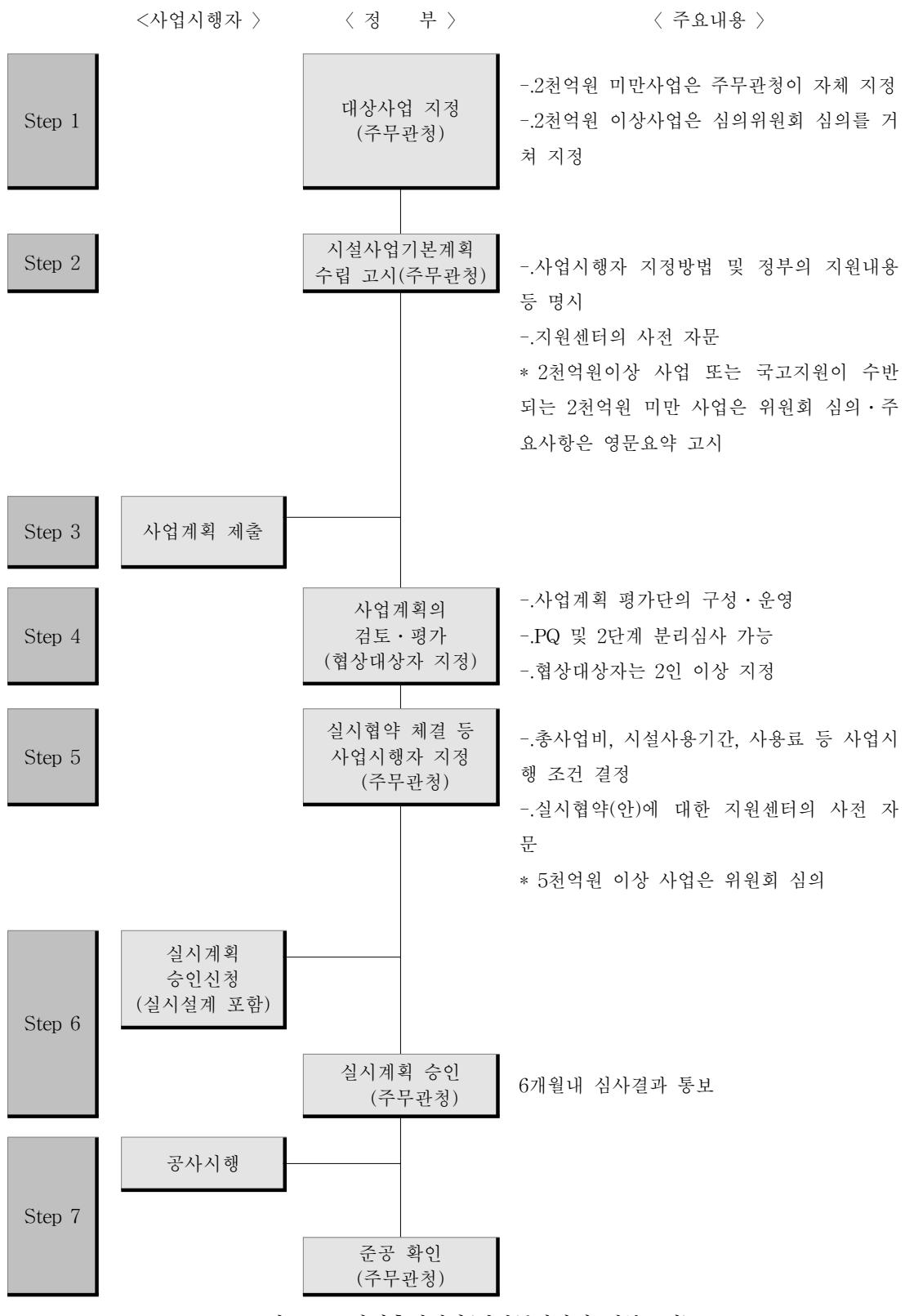
### (3) 민간투자사업

#### ■ 민간제안



<그림 7-3> 사업추진절차(민간투자사업-민간제안)

## ■ 정부고시



&lt;그림 7-4&gt; 사업추진절차(민간투자사업-정부고시)

### 3. 사업추진방안 비교검토

&lt;표 7-5&gt; 사업추진방안 비교검토

구 分	기 타 공 사	설계·시공일괄입찰 (Turn-Key)	민간투자사업(SOC)	
			민 간 제 암	정 부 고 시
개 요	발주기관이 대안, 텐 키공사의 방법에 의 하여 집행하지 아니 할 공사를 말함. 즉 기본설계, 실시설계 및 시공을 각각 분리하여 계약하는 방식	발주기관이 제시하는 공사 일괄입찰 기본계획 및 지침에 따라 건설업체(설계업체와 공동입찰 가능)가 공사의 설계서 및 기타 시공에 필요한 도면 및 서류를 작성하여 입찰서와 함께 제출하는 방식	민간사업자(단일 또는 다수 민간기업 컨소시엄 형태)가 자체자본력을 가지고 직접 투자하는 형식으로 투자계획 입안, 투자비용 자체조달, 시설 건설·운영·관리 까지 책임지는 방식 등이 있다.	민간투자법 제8조 제1항 제2호에 대통령령이 정하는 일정규모 이상의 대상사업으로 종사업비가 5백 억원 미만부터 2천억 원 이상으로 구분되는 사회간접자본시설 사업.
입찰 방법 심의	국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제80조(대형공사 입찰방법의 심의등)		사회간접자본시설에 대한 민간투자법	
관련 법 규	대형공사 입찰방법 심의기준의 분류기준 또는 일괄입찰, 대안 입찰에 해당하지 않는 사업	대형공사 입찰방법 심의 기준의 분류기준에 해당하는 공종이 계약단위공구를 기준으로 당해공사의 주된 공종인 경우	민간투자법 시행령 제9조(민간 부분의 사업제안)으로 법제2조 제1호의 정부고시사업이 아닌 민간투자 방식으로 추진 할 수 있는 사업	민간투자법 제2조 제1호(표) 및 시행령 제6조(민간투자사업 기본 계획에 포함되는 대상사업)에서 정하는 대상사업
사업 시행 절차	건설기술관리법 제21조 제1항에 의하여 건설기술용역사업 집행계획을 공고	국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률시행령 제80조(대형공사 입찰방법의 심의등) 및 발주절차에 따라 시행	사회간접자본시설에 대한 민간투자법 시행령 제7조 「민간부문 제안사업의 추진절차」에 따라 시행	
사업주체	국가 및 지방자치단체 등 발주자		민간사업자	
사업 시행자	발주처 지시하에 설계, 시공, 감리를 각각 일반도급업체가 시행	설계·시공을 건설업체(설계업체와 공동가능)가 시행	건설회사를 포함한 민간사업자	
재원 확보	지자체 및 국고지원		민간자본	

&lt;표 7-5&gt; 계 속

구 분	기 타 공 사	설계 · 시공일괄입찰 (Turn-Key)	민간투자사업(SOC)	
			민 간 제 암	정 부 고 시
장 단 점	설계 및 시공	설계 및 시공이 각각 시행되고 처리공정, 단위공정별 설비, 자재 및 시공성 등의 충분한 연구·검토시행이 가능하므로 양질의 성과가 기대됨.	건설업체가 설계부터 시공까지 책임지고 시행하는 계약제도로서, 신기술·신공법등 민간업체의 보유기술력을 활용하여 효율적으로 건설공사를 시행하는 방식	설계 및 시공의 책임이 민자에 있으므로 책임설계 및 시공으로 양질의 성과 기대됨.
	재원 확보	국고 및 원인자 분담금등 재원확보가 어렵다.	민자업체의 자금으로 모든 사업이 우선 시행되므로 재원확보 측면에서 유리	
	품질 확보	충분한 연구, 검토 후 시행하므로 품질 양호 함	입찰차간 입찰설계 경쟁으로 고품질 유지	책임설계, 시공 및 운영 등으로 품질 향상 기대
	사업 효율성	충분한 실적사례 및 기술검토 등으로 사업의 효율은 기대되나 재원 확보가 어렵다.	공기단축 및 공사비 절감효과를 기대할 수 있으나 재원확보에 어려움이 있다.	공기절감, 신기술도입, 책임운영관리 체제 전환 등의 효과가 기대됨.
	경제성	양질의 성과 확보를 위한 경제성 저하		경제성 양호
	국내 적용 실적	20톤/일 이하 소규모	50톤/일 이상 중대규모 실적 가장 많음	논산, 상주, 김천 양주시
선 정			◎	
선 정 사 유	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 입찰설계 경쟁으로 고품질 유지 및 공사비 절감</li> <li>- 설계 및 시공이 병행되어 사업기간 단축</li> <li>- 설계시공에 대한 계약자 일괄책임 부여로 발주자 위험부담감 감소</li> </ul>			

대구광역시 신규 소각시설 설치사업 추진방안과 관련하여 기타공사, 설계·시공 일괄입찰 및 민간투자사업(SOC) 등의 방안은 비교검토한 결과, 다음과 같은 이유로 설계·시공일괄입찰(Turn-Key)방식으로 추진하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

- 입찰설계 경쟁으로 고품질 유지 및 공사비 절감
- 설계 및 시공이 병행되어 사업기간 단축
- 설계시공에 대한 계약자 일괄책임 부여로 발주자 위험부담감 감소

또한, 2006년 12월 현재까지, 국내에서 발주된 열분해용융시설의 사업추진 방식을 분석하여 보면 “양주시 열분해용융시설”을 제외하고는 6개 시설 모두 설계·시공 일괄입찰(Turn-Key) 방식으로 사업이 추진되었음을 확인할 수 있다.

<표 7-6> 열분해용융시설 사업추진방식

구 분	시설용량	발주년도	사업추진방식
양산시	100톤/일×2기	2003. 12	설계·시공 일괄입찰
대구 달성2차	70톤/일×1기	2005. 4	설계·시공 일괄입찰
양주시	100톤/일×2기	2005. 8	민간투자대상사업(BT)
고양시	150톤/일×2기	2005. 10	설계·시공 일괄입찰
은평뉴타운	48톤/일×1기	2005. 12	설계·시공 일괄입찰
성남판교	45톤/일×2기	2006. 3	설계·시공 일괄입찰
화성시	150톤/일×2기	2006. 9	설계·시공 일괄입찰

## **대구광역시 소각시설의 관리실태 및 운영 효율화 방안**

칠곡지역 생활폐기물 소각시설 예정부지 활용방안

**제 8 장**

## 제8장

### 칠곡지역 생활폐기물 소각시설 예정부지 활용방안

#### 1. 개요

대구광역시 북구 국우동 1104 번지에 위치한 구민운동장은 당초 칠곡지역 생활폐기물 소각 시설(200톤/일 규모) 예정부지로 계획이 되었으나, 칠곡지역의 택지개발에 따른 인구증가와 함께 인구밀집지역 인근에 주민혐오 시설을 건설한다는 것이 현실적으로 어려움이 많아 소각시설 설치사업을 취소하고, 현재 관련시설 설치 등 시설 결정 시까지 해당 부지를 주민들의 생활 체육 공간으로 조성하여 운영 중에 있다. 그러나 당초 계획된 시설용도와 다르게 운동장을 조성한 부적절한 행위로 인한 지적과 대구시의 부족한 소각시설 등을 고려해 볼 때, 이에 대한 적절한 조치와 대책이 조속히 마련되어야 한다.



<그림 8-1> 칠곡지역 소각시설 예정부지 전경 (구민운동장)

#### 2. 대구시 소각시설 운영현황 및 실태

대구광역시의 생활폐기물 발생량은 2004년 현재 하루 2,638톤이 발생하고 있어 1995년의 2,720톤에 비해 조금 감소하였으나, 소각에 의한 처리량은 1995년 하루 172톤에서 2004년 약 400톤(15.7%)으로 2배 이상 증가하였다. 2004년 현재 우리나라와 대구광역시의 생활폐기물에 대한 소각처리율은 각각 약 16%와 15.7%이나, 국가 폐기물 관리 종합 계획과 대구광역시 폐기물 처리 기본계획에 따르면 2011년까지 소각률을 각각 30%와 22%로 증가할 것으로 설정하고 있어 대구광역시의 경우 생활폐기물 발생량에 비해서 소각시설이 많이 부족한 실정이다. 또한

운영 중인 성서소각시설(600톤/일 규모)도 음식물 분리수거 후 생활폐기물의 발열량 증가와 더불어 1993년 설치 이후 장기간 사용으로 인한 시설 노후화로 인해 시설용량의 73%인 하루 437톤만을 처리하고 있는 실정이다.

### 3. 소각시설 예정부지 활용방안

#### 가. 해당 지자체의 입장

대구광역시 북구에서는 해당부지의 용도변경에 따른 문제점 해결과 함께 생활체육의 활성화, 운동장 사용에 대한 지역주민의 열망, 체육시설에 대한 새로운 투자가 어려운 경제적 현실을 감안하여 현재 운영 중에 있는 구민운동장 및 체육시설과 부대시설을 철거하지 않고, 지역주민들에게 개방하여 계속 사용할 수 있도록 도시계획시설의 변경을 요청하고 있다.

- 용도계획에 맞게 개발될 때까지 지역주민들에게 개방하여 지속적으로 사용될 수 있도록 협조 승인 요구
- 구민운동장의 효율적 관리를 위해 부대시설물 중 컨테이너 등의 불법건축물에 대해서는 철거 조치하고, 기존 시설물에 대해서는 합리적인 사용을 위하여 대구시와 협의하여 도시계획 변경 등을 통한 축조물의 양성화 추진
- 운동장 주변의 환경정비를 위해 운동장 사용빈도가 높은 단체와 협조하여 정기 및 수시로 청소 실시

#### 나. 부지 활용방안

인근 주민의 강력한 반대로 소각시설 설치계획이 취소된 상태로 도시계획시설결정변경을 통하여 대구시의 정책방향에 부합하면서 지역에 필요한 시설 및 공간을 확보하는 것이 바람직하다. 적법한 절차에 의해 공간을 활용하기 위해서는 아래의 사항에 대한 종합적인 검토가 이루어야 하는데, 우선적으로 구체적인 공간 활용방안을 마련하고, 이후 해당 부지에 대한 도시계획시설결정변경 절차를 취하며, 결정된 내용을 예산 반영하여 시행토록 하여야 한다.

##### (1) 부지 활용방안의 재검토 및 기본계획 수립

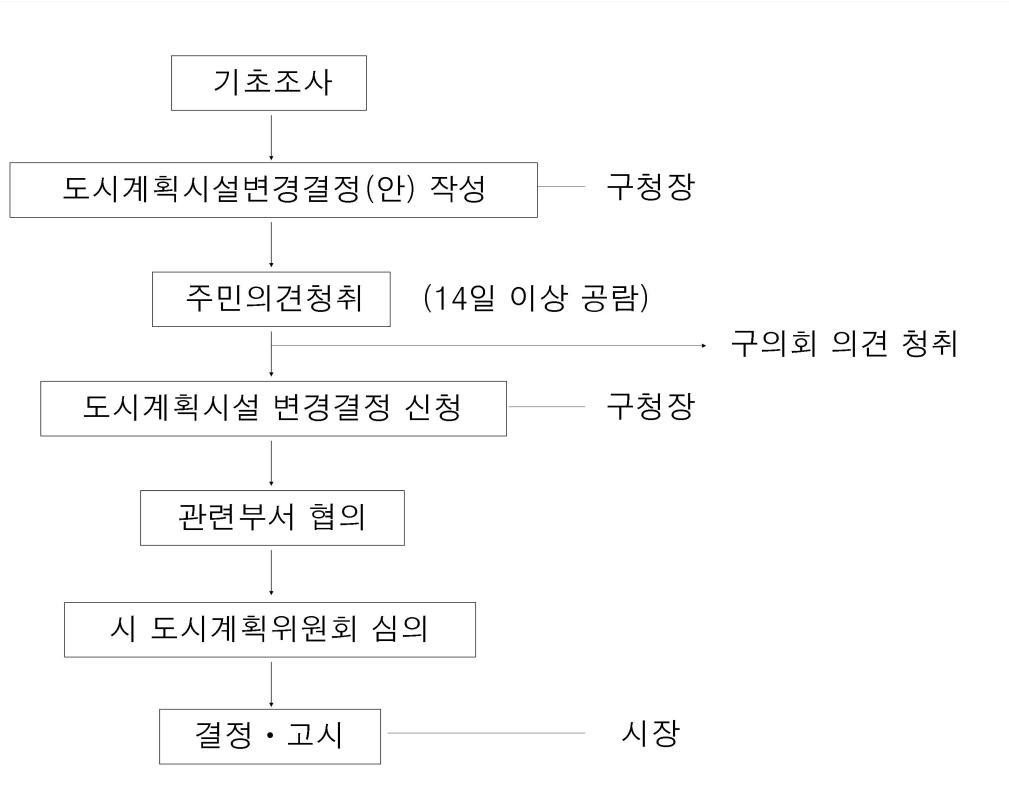
- ① 시설변경을 위해서는 활용될 도시계획시설의 종류와 기능에 따라 필요시 그 규모를 결정해야 한다. (도시계획시설의 결정 · 구조 및 설치기준에 관한 규칙) 따라서 시설의 종류와 기능의 설정을 위한 기초조사(주민의식조사, 지역 토지이용 현황, 필요시설 검토 등)를 진행하여야

한다. 그리고 규모의 설정을 위해서 검토된 시설의 종류와 기능에 적합한 기본계획을 수립하여야 한다.(건폐율, 용적률, 높이 등 포함)

② 선정된 시설의 특성과 활용성 등을 고려하여 주변 지역과의 관계성을 높이기 위한 방향과 주변 지역에 대한 시설정비가 함께 진행되어야 한다. (진입도로 개설 및 확장 여부, 차량 진·출입 등 교통문제, 도시관리계획 변경 내용 등)

## (2) 도시계획시설의 결정변경

해당 구청에서 다음과 같은 시설변경 절차를 이행·준비하여야 한다. (국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따라 대구시 도시계획조례에서 정하는 범위 [별표3])



<그림 8-2> 도시계획시설의 결정변경 절차

## 4. 대구시 추가 소각용량의 확보방안

폐기물 처리시설에 대한 입지확보의 어려움 및 기존 소각시설의 노후화 등으로 인하여 대구시는 생활폐기물 발생량에 비하여 소각처리 용량이 많이 부족한 실정으로, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 추가적인 시설부지의 확보 및 기존시설 증설을 위한 사업비의 확보가 우선적으로 선행되어야 한다. 따라서 칠곡지역 생활폐기물 소각시설 예정부지의 용도변경 시에는 추

가적인 소각시설 건설을 위한 대체부지의 확보가 필요할 것으로 판단되며, 만일 대체부지의 확보가 어려울 경우에는 기존 시설예정부지의 매각을 통해 기 가동 중인 소각시설의 증설 비용을 마련하는 등의 방안을 고려함으로써 대구시의 폐기물 정책에 부합할 수 있을 것이다.

대체부지의 입지 선정을 위해서는 향후 구체적인 조사 및 연구가 수반되어야 하며, 폐기물 소각시설 입지선정과 관련하여 고려되어야 할 사항을 <도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙>에 근거하여 아래에 명시하였다.

#### 제157조(폐기물처리시설의 결정기준)

1. 인구밀집지역이나 공공기관·학교·연구시설·의료시설·종교시설 등과 가깝지 아니하고 주거환경에 나쁜 영향을 주지 아니하도록 인근의 토지이용계획을 고려할 것. 다만, 대기환경보전법에 의한 배출허용기준에 적합한 시설을 갖춘 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 풍향과 배수를 고려하여 주민의 보건위생에 위해를 끼칠 우려가 없는 지역에 설치할 것
3. 대기 및 수질오염 등 각종 환경오염문제를 고려하여야 하며, 주위에 담장·수립대 등의 차단공간을 둘 것
4. 용수와 동력을 확보하기 쉽고 자동차가 접근하기 편리하며, 폐기물 운송차량이 시가지를 관통하지 아니하는 지역에 설치할 것
5. 매립의 방법으로 처리하는 시설은 지형상 저지대·저습지·협곡·계곡·공유수면 매립에 정지 등에 설치하여야 하며, 매립후의 토지이용계획을 미리 고려할 것
6. 당해 시·군의 폐기물처리계획 및 대책 등을 고려하고, 필요한 경우 폐기물소각시설을 설치할 것
7. 폐기물처리시설은 공업지역·녹지지역·관리지역·농림지역(농업진흥지역을 제외한다)·자연환경보전지역에 설치할 것. 다만, 다음 각목의 시설은 제2종일반주거지역·자연환경보전지역에 설치할 것. 다만, 다음 각목의 시설은 제2종일반주거지역·제3종일반주거지역·준주거지역·일반상업지역에도 설치할 수 있다.
  - 가. 폐기물관리법시행령 별표 2 제1호 가목의 소각시설로서 1일처리능력이 2천톤 이하인 시설
  - 나. 폐기물관리법시행령 별표 2 제1호 나목의 기계적 처리시설(압축시설 및 파쇄·분쇄시설에 한한다)로서 1일처리능력이 1천톤 이하이고 대기환경보전법에 의한 배출허용기준에 적합한 시설
8. 삭제 <2004.12.3>
9. 재활용시설(제156조제3호 및 제4호의 폐기물처리시설을 말한다)은 주거지역(제2종일반주거지역·제3종일반주거지역 및 준주거지역에 한한다)·일반상업지역·공업지역·녹지지역·관리지역·농림지역(농업진흥지역을 제외한다)·자연환경보전지역에 설치할 것

제158조(폐기물처리시설의 구조 및 설치기준)

① 폐기물처리시설의 구조 및 설치기준은 다음 각호와 같다.

1. 소각시설의 경우에는 대기환경보전법에 의한 배출허용기준에 적합한 시설을 갖출 것

2. 소각장의 폐열을 사용하는 주민편익시설 등을 설치할 수 있도록 할 것

② 제1항에 규정된 사항 외에 폐기물처리시설의 구조 및 설치에 관하여는 폐기물관리법 또는 자원의절약과재활용촉진에관한법률이 정하는 바에 의한다.



## 참고문헌

---

- 2006년 한국열환경공학회 “추계 학술발표회 논문집”(2006.11, 한국열환경공학회)
- 제4회 폐기물처리기술 워크숍 자료(2006.05, 환경관리공단)
- 화성시 광역화 소각장 건설사업 “기본계획보고서”(2006.04, 화성시)
- 달성2차 지방산업단지 폐기물처리시설 설치공사 “기본계획보고서”(2005.02, 대구광역시)
- 고양시 환경에너지시설 신기술 대체 건설사업 “타당성 조사보고서”, “기본계획보고서”(2005.07, 고양시/환경관리공단)
- 양주권 광역지원화시설 설치사업 “타당성 조사보고서”, “기본계획보고서”(2005.04, 양주시/환경관리공단)
- 2005년도 국고보조사업 신청지침(2004.03, 환경부)

---

## ·연 구 자 소 개·

---

### 류 재 용

- 대구경북연구원 책임연구원
- 일본 산업기술종합연구소 (AIST) 특별연구원
- 미국 조지아공대 박사후 연구원

### 남 광 현

- 경북대학교 토목공학과 공학박사
- 일본국립환경연구소 연구원
- 대구경북연구원 책임연구원 (환경연구팀장)

### 최 정 학

- 경북대학교 환경공학과 공학박사
  - (재)포항산업과학연구원 환경연구실 연구원
  - 대구경북연구원 연구원 (환경연구팀)
-