



## 효성-에바라 가스화용융시스템 (Hyosung-Ebara Gasification and Ash Melting System)

□ 효성에바라엔지니어링(주)

자원순환사업팀

팀장 박 태진, 부장 송 상훈, 과장 전 규태

### 1. 기술 현황

기 술 명	효성-에바라 가스화용융시스템
기 술 분 야	소각(가스화용융)
처 리 대 상 물	도시쓰레기, 산업폐기물, 탈수슬러지, 소각재 등
기술적용분야	폐기물의 처리 및 잔사(슬래그 포함)의 재활용

### 2. 기술의 개요 및 원리

#### 가. 기술개요

1980년대 후반부터 도시쓰레기 소각시설을 설치하기 시작한 우리나라는 유럽이나 일본에 비하여 단기간에 소각율의 증대를 실현하고 있으나, 쓰레기 소각과정에서 소각재 및 다이옥신 등의 유해가스 배출에 따른 2차 오염문제로 인하여 주민들의 건설반대가 심각한 상황에 이르고 있어 소각재를 무해화하여 건설자재 등으로 재활용하고, 연소가스내의 다이옥신 등의 유해물질 배출을 최소화하도록 하는 시대적 요구에 부응해야만 하는 상황에 이르렀다.

이에 인천국제공항에 1일 140톤 처리용량의 선회류형 유동상 소각시설을 성공적으로 건설하고 운영중에 있는 당사는 유동상소각로의 경험을 바탕으로 쓰레기 자체의 열량을 이용하여 소각재를 용융슬래그화하고, 고온용융을 행함으로써 다이옥신 등의 유해물질을 최소화할 수 있는 가스화용융기술을 국내에 적용함과 동시에 국내 쓰레기에 적합한 한국형 가스화용융기술을 개발, 보급하여 현재 직면하고 있는 쓰레기 처리의 문제점을 해결하는 데 기여하고자 한다.

## 나. 가스화용융시스템의 도입 컨셉

- 1) 환경보전성 : 다이옥신류의 억제, 토양오염의 방지, 지구온난화 방지
- 2) 안전성·조작성 : 폭발·가스누출의 위험성이 없는 안전하고, 용이한 시설운영이 가능한 시스템
- 3) 물질 및 열에너지의 회수 : 폐열회수의 극대화 및 유가물 회수
- 4) 경제성 증대 : 설치면적의 최소화, 건설비·운전유지비의 저감

## 다. 소각로로부터 가스화용융로의 변천

일반적으로 소각로의 경우 850℃~950℃ 범위의 온도에서 운전을 행하고 있으나, 1,000℃ 이상의 고온이 되면 비산재의 점도가 증가하여 클링커가 발생하기 시작하기 때문에 단지 소각온도만을 높이게 되면 안정적인 운전이 어렵게 된다.

그러나 가스화과와 용융로를 분리하면, 비산재가 클링커상태가 되는 Zone이 존재하지 않으므로 쓰레기의 안정적인 가스화 및 용융슬래그화가 가능하고, 열분해가스 자체의 열량으로서 고온용융로에서 1,300~1,450℃로 유지할 수 있으므로 다이옥신류의 확실한 저감을 실현함은 물론, 비산재의 안정적인 슬래그화를 달성할 수 있다.

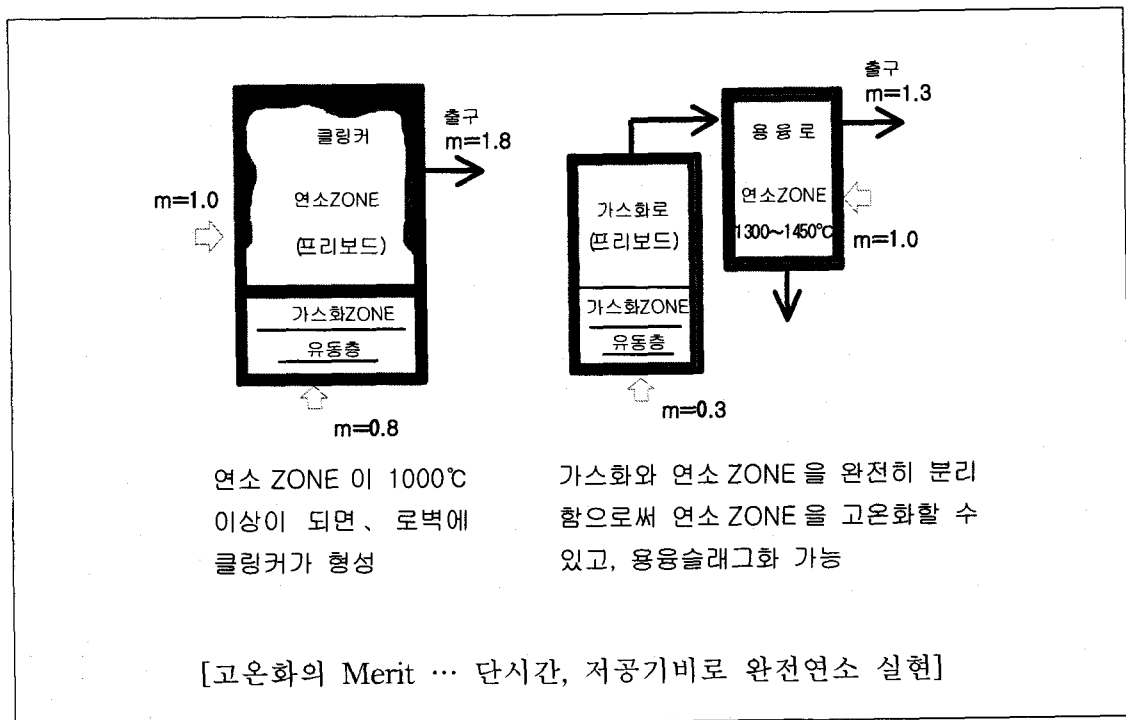


그림1. 종래소각로와 가스화용융로의 차이

### 3. 기술개발 내용 및 처리공정

#### 가. 기술개발 내용

##### 1) 유동상식가스화로와 선회용융로의 특징

###### ◆유동상식 가스화로◆

###### ◆ 선회용융로 ◆

특 징	특 징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소량의 유동공기(m=0.3)에 의해 열분해 잔사물의 일부를 연소시켜 가스화온도(550~630℃)를 유지하므로 별도의 예열시스템이 필요 없는 간단한 구조</li> <li>• 열용량이 큰 유동매체에 의한 안정된 가스화(가스화로 상부온도 700℃)</li> <li>• 용이한 운전조작성, 불연물 배출 용이</li> <li>• 철, 알루미늄을 산화하지 않은 상태로 회수하므로 활용가치가 높음</li> <li>• 가스화로내 체류 쓰레기량이 소량이므로 비상정지시에도 별도의 조작성이 필요 없이 안전하게 자동정지 가능.</li> <li>• 직접연소열에 의해 가스화온도를 유지하므로 열효율이 높은 시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쓰레기자체의 보유열량을 이용하여 소각재의 용융을 행하는 친환경적 시스템</li> <li>• 고온연소(1,300~1,450℃)에 의한 다이옥신류의 완전분해</li> <li>• 고온연소와 선회류에 의한 높은 슬래그 화율 달성</li> <li>• 슬래그는 연속자동 소량배출을 행하기 때문에 수증기 폭발문제가 없고, 위험한 수작업이 불필요.</li> <li>• 용융로내 체류 용융물량이 소량이므로 비상정지시에도 별도의 조작성이 필요없이 안전하게 자동정지 가능.</li> </ul>

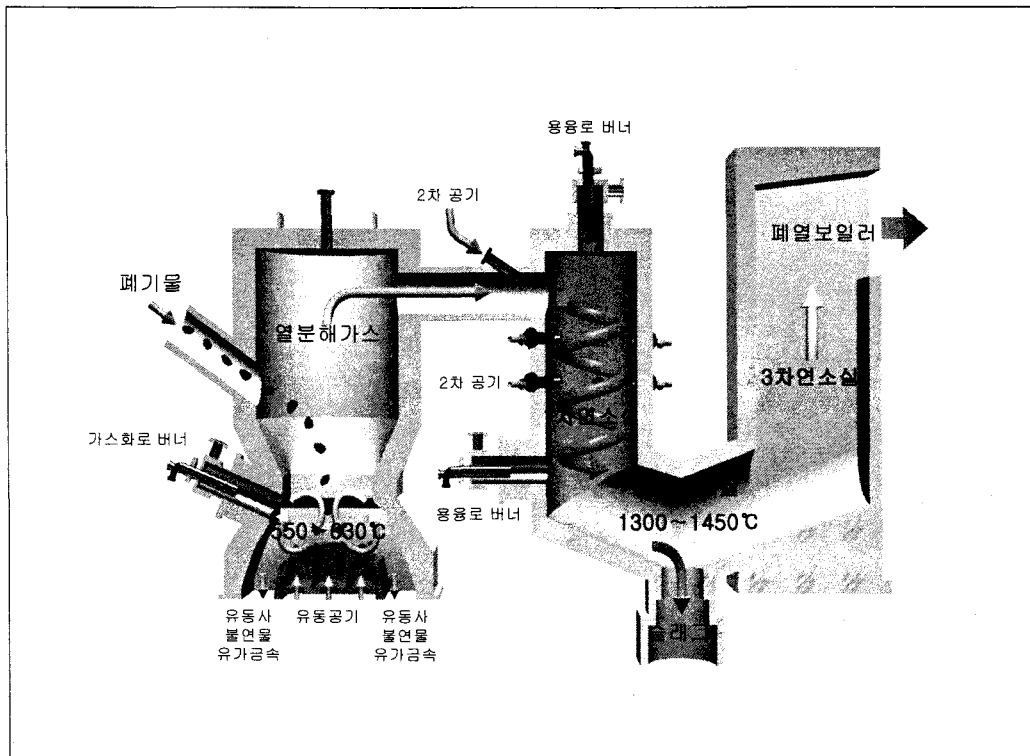


그림2. 가스화(열분해) 및 용융시스템의 간단한 구조 및 안전성

## 나. 처리공정

### 1) 가스화용융시스템 처리공정

본 시설은 유동상식 가스화로와 선회용융로를 접목시킨 방식으로 550℃~630℃로 가열된 유동층 내에 쓰레기를 투입하여 건조·가스화 시키고 유동층의 가스화로에서 발생한 가스는 선회식용융로로 보내어져 연소공기와 함께 선회하면서 1,300℃~1,450℃의 고온에서 연소되며 발생가스에 포함된 비산재는 용융되어 슬래그로 됨과 동시에 고온하에서 다이옥신을 분해 제거한다. 소각재 매립에 따른 여러가지 2차오염(중금속 및 다이옥신 오염 등)을 최소화 하고, 가스화과정에서 산화되지 않은 상태의 알루미늄, 철 등의 유가금속이 회수되며, 용융로에서 배출되는 슬래그는 건설자재 등으로 활용할 수 있다.

고온의 연소가스는 폐열보일러에서 증기로 회수하여 지역난방 또는 전기 생산 등에 활용하고 반건식반응탑에서 산성가스의 중화제거 및 온도저감 후, 여과집진기 및 촉매반응탑에서 각각 분진과 질소산화물을 제거한 후 대기로 방출된다.

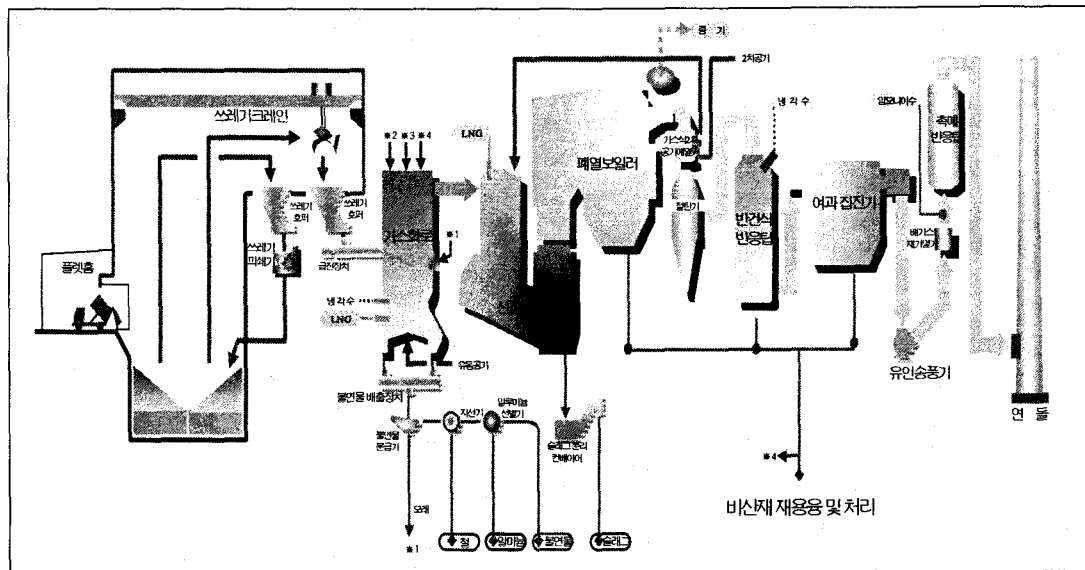


그림3. 유동상식 가스화용융시스템의 대표적 공정흐름도

### 2) 가스화로 및 용융로의 구조 및 특징

선회류형 유동상가스화로는 유동공기, 디플렉터, 공기분산판의 3요소를 기본으로 하고 로내에 기계적 구동부가 없는 구조로서 유동매체인 모래가 양측으로부터 강력하게 가스화로 중앙으로 향하는 선회류를 형성함으로써, 파괴효과에 의해 대형쓰레기의 처리가 가능하며 로내 균일한 부하에 의한 안정된 가스화를 달성할 수 있고, 불연물의 배출성 및 연속운전성이 탁월하다.

용융로 내부는 비산재를 포함하고 있는 열분해가스의 선회효과에 의해 용융로 1차 연소실이 싸이크론의 역할을 하여 비산재가 용융로벽에 포집되기 쉬운 구조로서, 용융로내 가스의 선회효과에 의해 노내 온도가 균일하게 되고, 발생한 다이옥신류를 거의 완전히 분해하게 된다. 또, 전구체물질의 분해에 의해 다이옥신류의 재합성을 방지하므로써 다이옥신 배출량저감을 극대화한다.

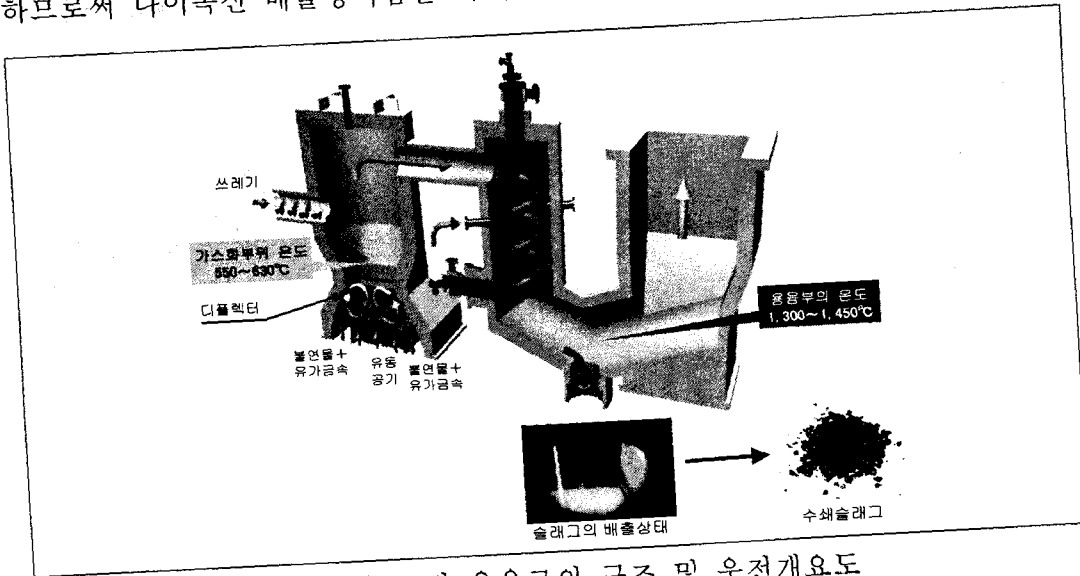


그림4. 가스화로 및 용융로의 구조 및 운전개요도

유동상식 가스화용융시스템에 있어서, 미세한 Char는 가스화로에서 발생한 열분해가스와 함께 선회용융로로 이동하여 고온연소되며, 크기가 큰 Char는 유동상의 모래내에서 연소된다. 따라서, Char는 가스화로의 하부로 배출되지 않으며 Char 냉각, 선별 장치 등도 불필요하다. 또한, 본 시스템에서는 기계적 구동부분은 일체 사용하고 있지 않으므로 기계적 Trouble 발생의 원인도 없다.

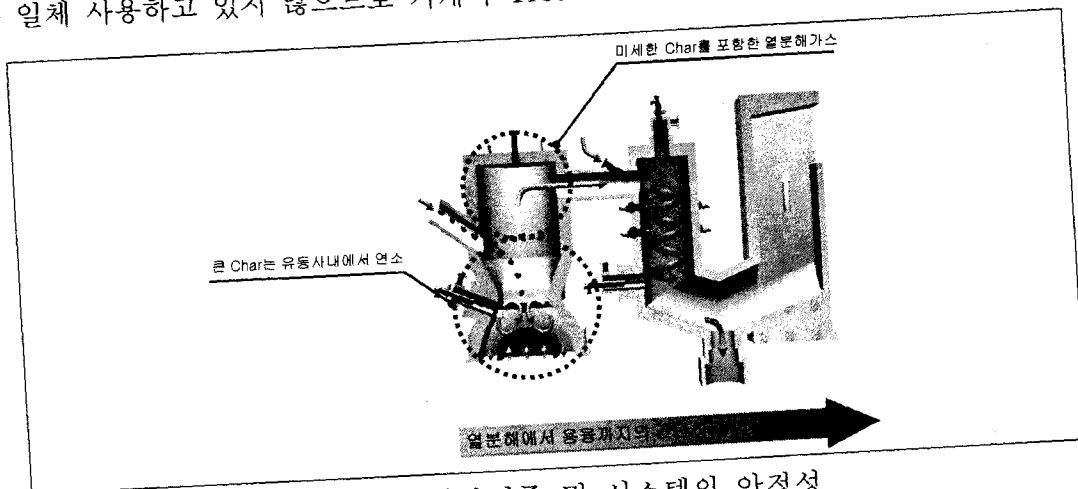


그림5. 열분해 메카니즘 및 시스템의 안정성

### 3) 금속류, 불연물의 처리

가스화로에 투입된 쓰레기중의 불연물은 모래의 선회유동에 의해 로하부의 불연물 배출구로 원활히 이동하고 불연물 배출구에서 슈트로 낙하한 불연물은 불연물분급기에 의해 모래와 불연물로 분리된다.

모래와 분리된 불연물은 자선기에 의해 철분을 선별한 후, 알루미늄 선별기에 의해 알루미늄을 회수하고 선별후의 불연물은 분쇄하여 용융로에서 용융처리하여 슬래그화가 가능하다.

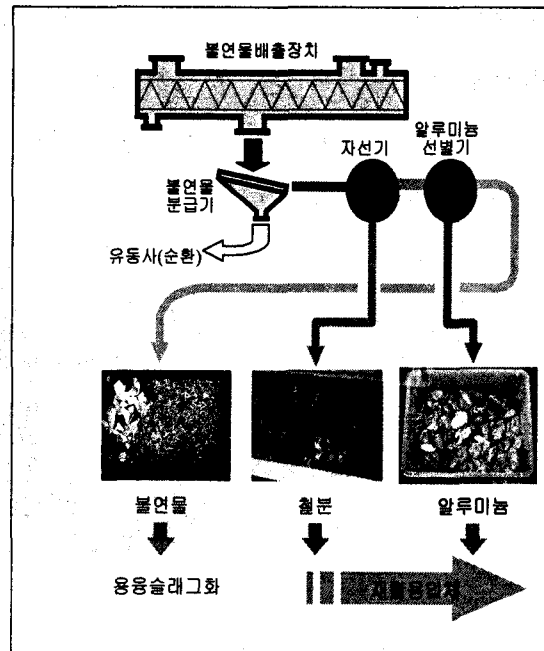
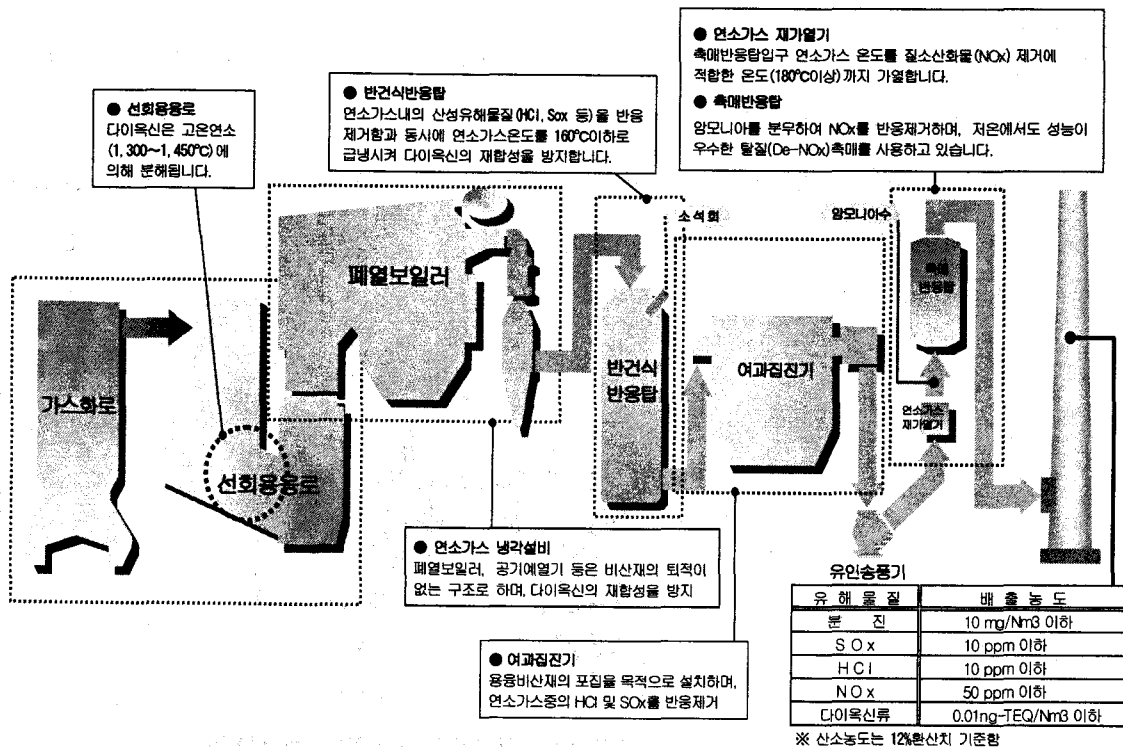


그림6. 금속류 불연물의 처리개요

### 4) 공정별 대기오염방지 대책



#### 4. 처리성능 및 경제성

##### 가. 처리성능

1) 일본 中濃지역광역행정사무조합(168t/d) 운전결과 DATA

주) 측정지점 : 굴뚝

측정항목	단 위	기 준 치			1호기	2호기	3호기
		설계기준	일본해당 지자체	법규(한국)			
분진	mg/Nm <sup>3</sup>	10	80	30	≤ 1 ≤ 2	≤ 1 ≤ 1	≤ 1 ≤ 1
CO	ppm	30	600	50	≤ 3 ≤ 3	≤ 3 5	≤ 3 ≤ 3
SOx	ppm	20	300	30	3 3	3 4	4 4
NOx	ppm	50	200	80	28 20	21 24	11 30
HCl	ppm	50	50	30	29 31	19 28	26 31
Dioxin류	ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	0.05	0.1	0.1	0.00026 0.000076	0.000084 0.000095	0.00025 0.00011

##### 2) 슬래그 및 유가금속의 품질

표1. 슬래그내 다이옥신류 농도(사카타시)

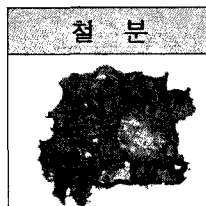
항 목	2002. 3. 6	
	특성당량 (ng-TEQ/g)	
PCDDs+PCDFs	0.00	
PCBs	0.00	
다이옥신류	0.00	

표2. 슬래그의 중금속 용출치(사카타시)

항 목	사카타시 2001. 1. 28		정 량 하한치	목 표 기 준	토 양 환경기준
	사카타시 2001. 1. 28				
T-Hg(mg/L)	< 0.0005		0.0005	≤ 0.0005	≤ 0.0005
Cd (mg/L)	< 0.001		0.001	≤ 0.01	≤ 0.01
Pb (mg/L)	< 0.005		0.005	≤ 0.01	≤ 0.01
Cr6+(mg/L)	< 0.02		0.02	≤ 0.05	≤ 0.05
As (mg/L)	< 0.002		0.002	≤ 0.01	≤ 0.01
Se (mg/L)	< 0.002		0.002	≤ 0.01	≤ 0.01

표3. 슬래그의 품질에 대하여

항 목	비 주
비 중	• 천연모래보다 크고, 쇄석과 동일크기 정도 • 콘크리트용 쇄석의 기준치(2.5이상)를 확보
흡 수 량	• 천연모래와 쇄석보다 작다 • 쇄석의 기준치(3.0이하)를 만족
안 정 성	• 천연모래와 동등
입 도	• 콘크리트용 쇄석의 기준입도범위를 만족(JSA5005)



※ 酒田시설 배출 철분, 알루미늄 사진

### 3) 슬래그의 재활용

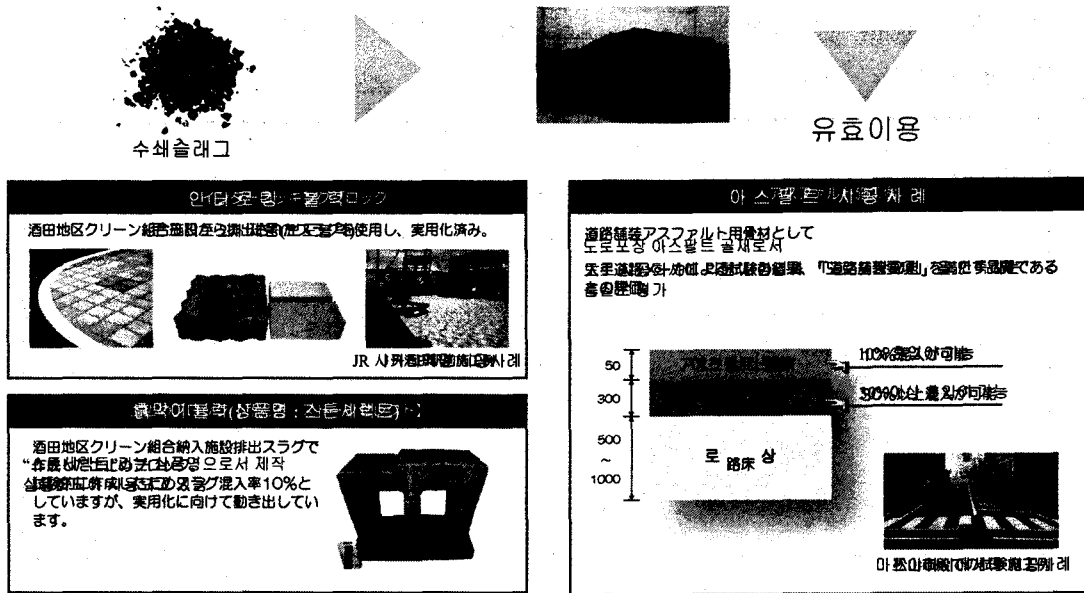
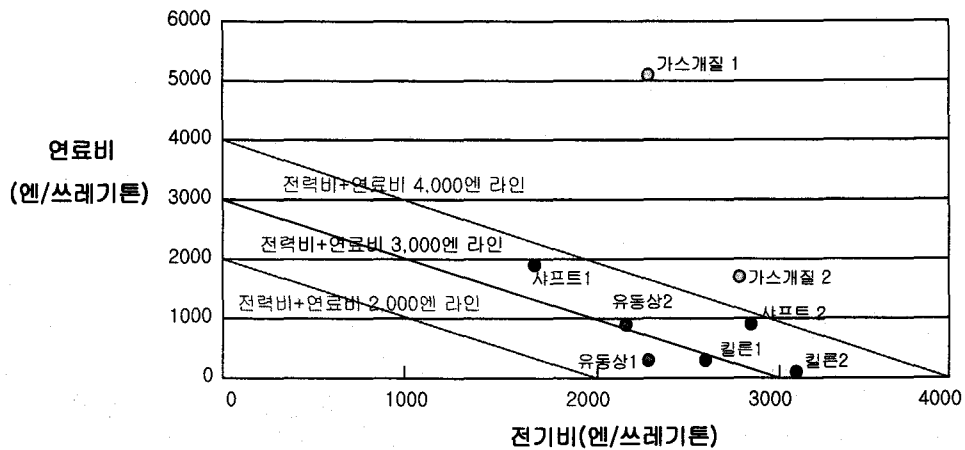


그림7. 용융슬래그의 재활용 사례

### 나. 경제성

일본에서 월간에너지 2003년 4월호에 발표된 내용으로서, 75톤/일 x 2기의 동일한 설계조건을 기준으로 하여 해당 기술보유사로부터 플랜트 사용 전력비와 보조연료비를 제출받아 비교검토한 결과자료

표. 가스화용융로 각 방식의 전력비, 연료비의 구성



월간에너지 4월호(日本) “차세대 가스화용융로의 경제성에 대하여”  
(財)일본환경위생센타 환경공학부 부장 藤吉秀昭



## 다. 효성-에바라 가스화용융시스템의 장점

### 1) 환경보전성

- (1) 고온연소(1,300℃ 이상)에 의한 다이옥신류의 총발생량 최소화
- (2) 쓰레기 자체열량으로 가스화용융실현 → 별도의 부자재의 투입이 필요없고, CO<sub>2</sub>의 발생이 적은 시스템(지구 온난화방지 기여)
- (3) 슬래그화를 향상에 의해 비산재량 감소, 최종처분장의 부하저감

### 2) 경제성

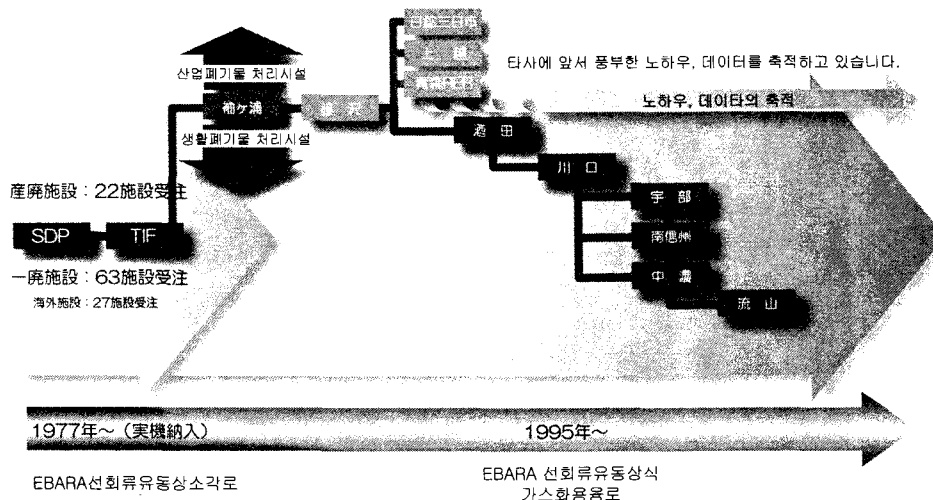
- (1) 간단한 구조로서 구성기기가 적고 콤팩트함
- (2) 고효율의 발전 또는 에너지리사이클 극대화로 운전유지비 저감
- (3) 유가급속(철, 알루미늄)을 산화되지 않은 상태에서 개별적 회수

### 3) 안전성 · 조작성

- (1) 쓰레기체류량이 적고, 폭발, 가스누출이 되지 않는 안전한 시스템
- (2) 가스화로, 용융로 공히 노내 구동부분이 없어 운전조작이 용이하고 고장이 적은 시스템
- (3) 슬래그를 소량 연속배출시킴으로써 위험한 배출작업이 불필요

## 5. 노하우의 축적과 적용실적

### 가. 많은 경험을 바탕으로 한 가스화용융시스템의 개발



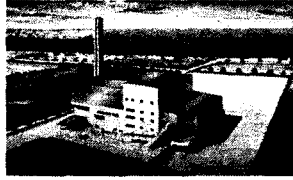
## 나. 적용실적

일본내 및 해외에 12개소의 시설에서 채용되었으며, 현재 9개소의 시설이 정상 가동중에 있고, 3개소의 시설이 건설중에 있음

사카타지구 클린조합



우베시



가와구치시



No.	주소지	사업주체명	총시설규모	기수	발전규모 (kW)	준공년월	비고
1	아오모리현	아오모리RER주식회사	450/d	2	17,800	2000년3월	산업폐기물
2	니이타현	조우에쓰지역 광역행정조합	157/d	1	-	2000년3월	분뇨슬러지
3	토야마현	니코마카이치 리사이클링	63/d	1	-	2000년6월	폐플라스틱
4	아미타현	사카타지구 클린조합	198/d	2	1,980	2002년3월	생활폐기물, 슬러지
5	사이타마현	가와구치시	420/d	3	12,000	2002년11월	생활폐기물, 소각재
6	아미타현	우베시	198/d	3	4,000	2003년 2월	생활폐기물, 슬러지
7	기 후 현	쭈노지역 광역행정조합	168/d	3	1,980	2003년3월	생활폐기물, 소각잔사
8	니가타현	마미산수 광역연합	93/d	2	780	2003년3월	생활폐기물
9	치바현	니가테이마시	207/d	3	3,000	2004년2월	생활폐기물, 슬러지
10	동경도	Tokyo Rinkai Recycle Power Co., Ltd	550/d	2	23,000	2006년9월	산업폐기물
11	시가현	중부클린조합	180/d	3	3,000	2007년3월	생활폐기물
12	말레이시아	Ministry of Housing and Local Government of Malaysia(MHLG)	1500/d	5	30,000	2008년	생활폐기물

선회류형 유동상 소각기술의 대형화 현황

1. Russia (Moscow City) : 967t/d (322t/d x 3) - '97	3. China (Taiyuan City) : 1000t/d (333t/d x 3) - '06
2. UK (Allington) : 1540.8t/d (513.6t/d x 3) - '06	4. Belgium (Antwerpe) : 1396.8t/d (465.6t/d x 3) -'06

## 6. 회사소개

효성그룹의 효성에바라엔지니어링(주)는 1978년부터 환경사업에 착수 하여 수처리, 대기오염방지, 폐기물 처리시설의 설계, 시공, 시운전을 일괄 수행하여 각 분야의 풍부한 기술과 경험을 축적하여 왔으며, 지속적인 연구, 개발을 통하여 고객의 다양한 요구에 부응할 수 있는 서비스 체계를 갖추었습니다. 또한 일본 환경분야의 선도업체인 EBARA사와의 합작(1997년 별도법인 설립) 및 기술도입으로 유동상 소각로, 순수제조, 음식물쓰레기 처리시설, 분뇨처리 분야의 효율적이고 특화된 기술을 보유하고 있으며, 첨단기술에 대한 부단한 연구개발로 국내 환경설비 분야의 한축을 담당하고 있습니다. 최근에는 정수고도처리시설, 하천정

화시설, 하폐수 고도처리시설, 쓰레기 가스화용융시설, 소각재 플라즈마 용융시설, VOC 및 악취제거시설 등으로 사업영역을 확대하고 있습니다.

〈산업재산권 보유 현황〉

구 분	등록청	등록번호	특허명	등록일
특 허	특허청	특 허 제0254843호	하수중의 질소와 인의 동시제거시스템 및 방법	2000년 2월 8일
실 용 신 안	특허청	등 록 제0273571호	미생물 접촉과 식물을 이용한 하수, 하천수와 오·폐수의 처리시스템	2002년 4월 15일
특 허	특허청	특 허 제0370244호	음식물쓰레기의 처리와 재활용 방법 및 장치	2003년 1월 16일
특 허	특허청	특 허 제0383820호	음식물쓰레기의 이물질 처리장치	2003년 4월 30일
실 용 실 안	특허청	등 록 제0335215호	유동상식 미생물접촉재를 이용한 오염하천 정화처리장치	2003년 11월 26일
환 경 신 기술	환경부	제 69 호	UV전처리와 연계된 인-라인 관형정밀여과장치(MF)를 이용한 간이정수처리기술	2004년 11월 18일
환 경 신 기술	환경부	제 115 호	로프형 접촉재(BC <sup>plus</sup> )를 이용한 하수의 고도처리 기술 (HUB-N Process)	2005년 1월 13일