

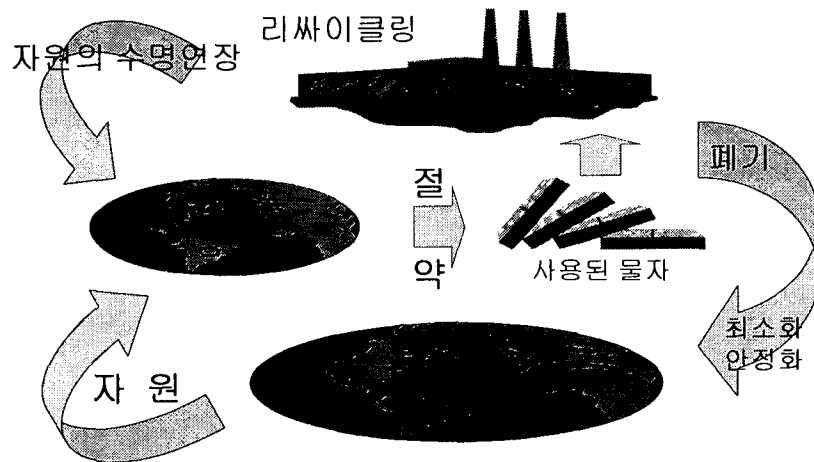
# 제강 분진을 이용한 전자재 제조 기술

이기강  
경기대학교  
고상폐기물 자원화 공정센터

The Center for Resource Processing of Solid Waste

Kyonggi University

## 자원의 순환




The Center for Resource Processing of Solid Waste

Kyonggi University

### 국내 폐기물 발생량 추이 (단위 : 천톤/일)

구 분	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	비고
계	144.5	141.4	147.1	148.1	180.8	194.7	188.6	219.4	80,081천/년
생활 폐기물	75.1	62.9	58.2	47.8	49.9	47.9	44.6	45.6	16,644천/년
사업장 폐기물	소계	69.4	78.5	88.9	100.3	130.9	144	173.8	63,437천/년
	일반	48.0	56.0	85.2	95.8	125.4	141.3	166.1	60,627천/년
	지정	21.4	23.4	3.7	4.5	5.5	6.1	7.7	2,811천/년


The Center for Resource-Processing of Solid Waste

 Kyonggi University

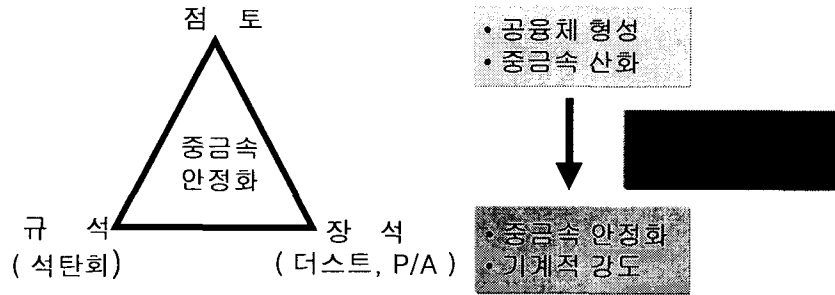
### 1996년도 회사별 제강더스트 발생량 · 발생원단위 · 활용현황

회사명	발생공장	발생량(t)	제품생산량(t)	더스트 발생원단위(kg/t)	재활용률	활용방법
포항제철	STS	19,200	732,500	26.2	100%	위탁처리
	mini mill	2,200	84,000	26.2	0%	
인천제철	제 강	53,300	3,543,500	15	82.9%	안정화 아스콘
동국제강	제 강	38,600	2,318,200	16.7	45.6%	아스콘
강원산업	제 강	29,900	2,341,000	12.8	85.8%	시멘트아스콘
한도철강	제 강	30,600	2,902,000	10.5	49.5%	시멘트아스콘
한국철강	제 강	33,300	1,479,000	22.5	19.8%	아스콘
삼미특수강	제 강	7,200	435,000	16.5	3.8%	아스콘
기아특수강	제 강	8,000	331,000	24.2	16.6%	아스콘
서울제강	제 강	2,800	150,800	18.6	0%	
한국제강	제 강	6,800	359,900	18.9	81.4%	아스콘
대한제강	제 강	8,200	450,700	18.2	0%	
한국중공업	제 강	1,600	339,000	4.7	0%	
환영철강	제 강	4,500	493,000	9.1	97.7%	아스콘
합계		246,200	15,959,600	15.43		

The Center for Resource-Processing of Solid Waste

 Kyonggi University

## Flux Process를 이용한 자원화기술의 개요



The Center for Resource Processing of Solid Waste

Kyonggi University

## 중금속 안정화 공정

습식혼합	소성
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수세</li> <li>▪ 이온 교환</li> <li>▪ 중금속 흡착</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 유리화</li> <li>▪ Metal fusion compound</li> </ul>

The Center for Resource Processing of Solid Waste

Kyonggi University

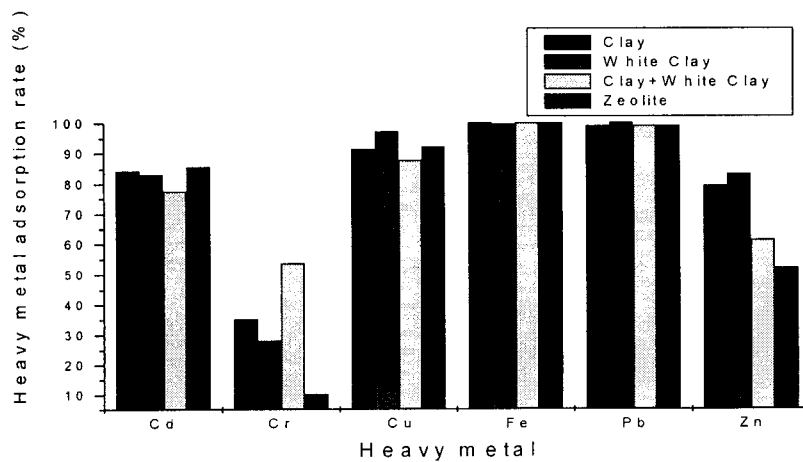
## 처리후 중금속 용출량 비교

sample	Cr	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
습식혼합 후	0.0060	0.0050	0.5300	415.5000	2.5000	11.7500
소성 후	0.0050	0.0230	0.1800	1.9400	0.0210	0.8240
국내	1.5000	-	3.0000	-	0.3000	3.0000
TCLP	5.0000	-	-	-	1.0000	5.0000

The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyungpook University

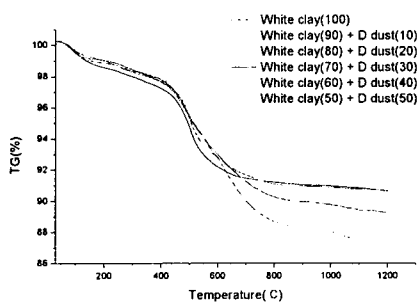
## 중금속이온의 평균 흡착률



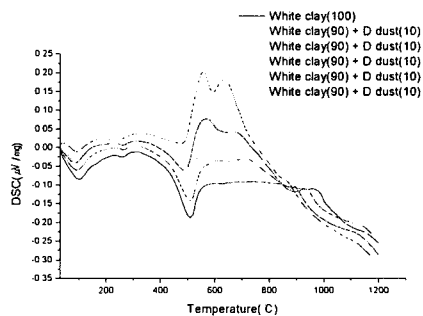
The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyungpook University

## DSC/TG Data : 백토+ D Dust



TGA

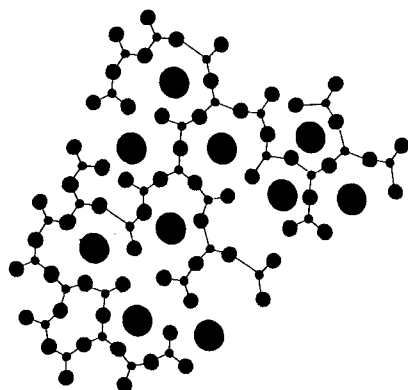


DSC

The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

## 유리화에 의한 안정화 기구




- $\text{Si}^{4+}$
- $\text{O}^{2-}$
- $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  
 $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  
 $\text{Cr}^{3+}$ (or  $\text{Cr}^{6+}$ )

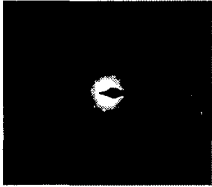
The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University


TEM Image:F/A30-Dust30-Clay40



**Bright Field Image**




**SADP of crystallites**



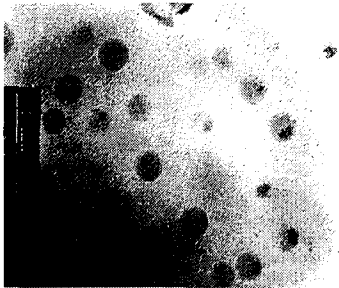

**SADP of amorphous**

*The Center for Resource-Processing of Solid Waste*




*Kyonggi University*

TEM Image:F/A30-Dust30-Clay40

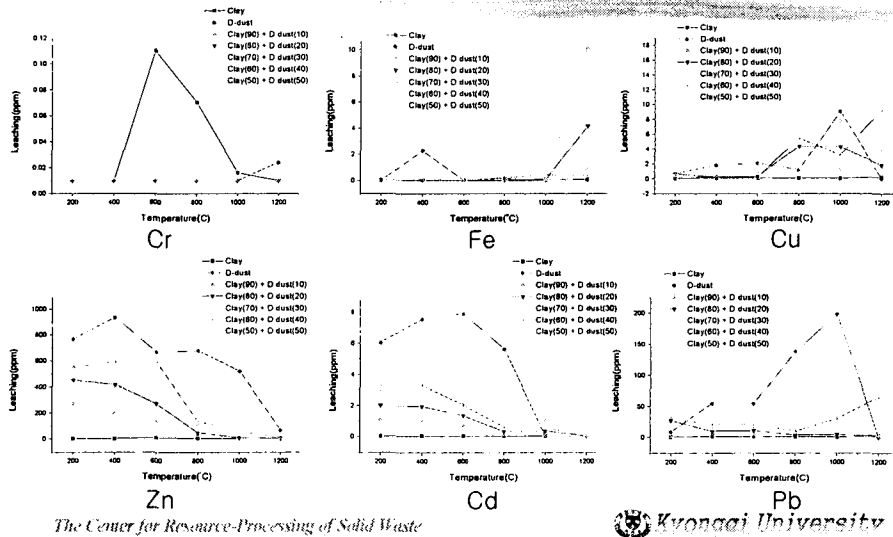


*The Center for Resource-Processing of Solid Waste*



*Kyonggi University*

### D-dust포함 시료의 온도별 중금속 용출결과



The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

### P/P 배기구에서 배출된 폐가스의 측정

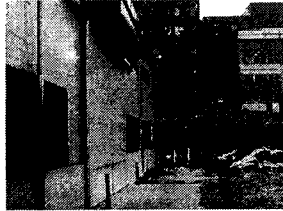
시료	기준치	측정결과(1)	측정결과(2)	측정결과(3)	평균값	측정방법
먼지 (mg/m3)	120	10.23	11.03	12.76	11.34	중량법
SO2(ppm)	500	ND	ND	ND	ND	침전적정법
NO2(ppm)	200	18.00	14.00	48.00	26.66	아연 환원 나프틸에틸렌디아민법 비분산적외선 분석법
CO(ppm)	-	35.00	24.00	20.00	26.33	비소시안산제 2수은법
HCl(ppm)	6	0.38	1.82	0.92	1.04	오르토몰리브덴법
Cl2(ppm)	10	0.11	0.25	0.09	0.15	질산은석정법
HCN(ppm)	10	ND	ND	ND	ND	원자흡광광도법
Cd(mg/m3)	1	ND	ND	0.003	0.001	원자흡광광도법
Pb(mg/m3)	5	0.003	0.003	0.066	0.021	원자흡광광도법
Cr(mg/m3)	1	0.080	0.046	0.118	0.081	원자흡광광도법
Cu(mg/m3)	10	ND	ND	ND	ND	원자흡광광도법

(1) : 배출가스량(Sm3/hr) 186.06, 소성온도(°C) 550, 측정위치온도(°C) 271  
 (2) : 배출가스량(Sm3/hr) 178.08, 소성온도(°C) 600, 측정위치온도(°C) 440  
 (3) : 배출가스량(Sm3/hr) 157.10, 소성온도(°C) 1050, 측정위치온도(°C) 720

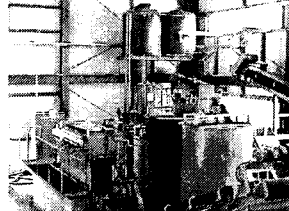
The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

## Pilot Plant 시설 및 설비



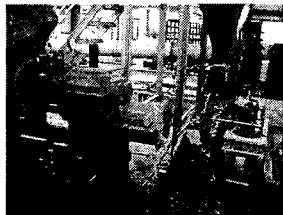
저장



1차 혼합



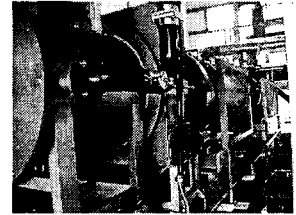
2차 혼합



성형




건조/소성

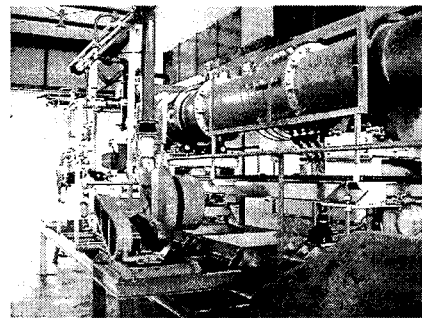
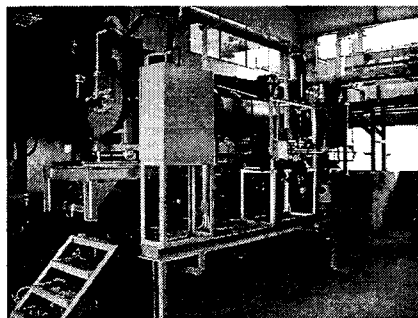


로타리 킬른


*The Center for Resource-Processing of Solid Waste*

 *Kyonggi University*

## Pilot Plant내 설치된 Rotary Kiln



*The Center for Resource-Processing of Solid Waste*

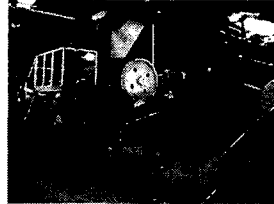
 *Kyonggi University*



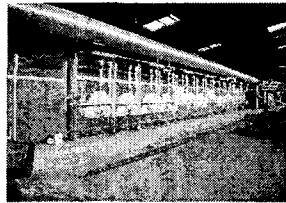
## 상용화를 위한 양산공정 모습



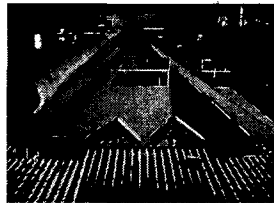
㈜ 세라그린 전경



제토 공정 라인




소성용 터널킬른



하강 라인


*The Center for Resource-Processing of Solid Waste*

 *Kyonggi University*

## 고상 폐기물로 제조한 각종 건자재



*The Center for Resource-Processing of Solid Waste*

 *Kyonggi University*

## 제강분진으로 제조한 벽돌의 시험성적서 사본

국가환경시험연구원  
시험(검사)성적서

시험번호: 2014-003-001  
 발주처: (주)한진중공업  
 시험일자: 2014.03.10

시험명: 벽돌 시험

구분	시험항목	시험결과	비고
1. 물리성	1.1. 겉면경도	10.5	합격
	1.2. 내충격성	10.5	합격
	1.3. 수분흡수율	10.5	합격
	1.4. 수분침투계수	10.5	합격
2. 화학성	2.1. 산성비 내성	10.5	합격
	2.2. 염화물 내성	10.5	합격
	2.3. 황화물 내성	10.5	합격
	2.4. 염화물 황화물 내성	10.5	합격
시험장소: (주)한진중공업 시험장			

한국전자제시험연구원  
 11111, 서울특별시 강남구 테헤란로 111, 11111

국가환경시험연구원  
시험(검사)성적서

시험번호: 2014-003-002  
 발주처: (주)한진중공업  
 시험일자: 2014.03.10

시험명: 벽돌 시험

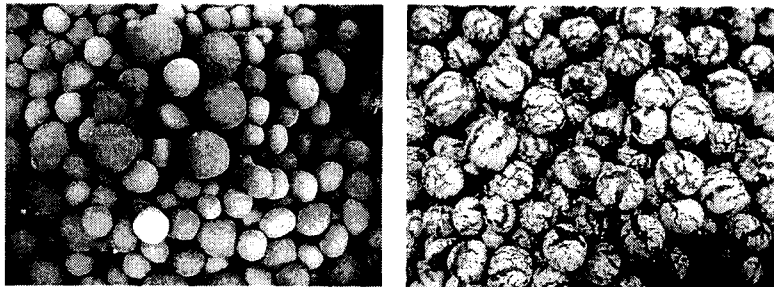
구분	시험항목	시험결과	비고
1. 물리성	1.1. 겉면경도	10.5	합격
	1.2. 내충격성	10.5	합격
	1.3. 수분흡수율	10.5	합격
	1.4. 수분침투계수	10.5	합격
2. 화학성	2.1. 산성비 내성	10.5	합격
	2.2. 염화물 내성	10.5	합격
	2.3. 황화물 내성	10.5	합격
	2.4. 염화물 황화물 내성	10.5	합격
시험장소: (주)한진중공업 시험장			

한국전자제시험연구원  
 11111, 서울특별시 강남구 테헤란로 111, 11111

The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

## P/P Rotary Kiln에서 제작된 인공경량골재 시제품



The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

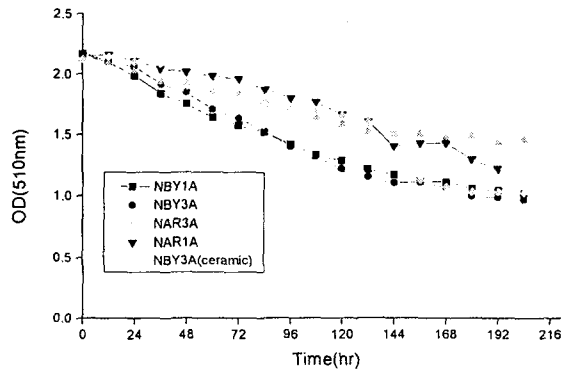
### 각국 골재 비중/흡수율 비교

	부피비중	흡수율(%)
EAF dust-F/A 골재	0.85	27.91
	1.35	13.07
일본골재	0.72	34.68
	1.65	10.43
독일골재	0.71	47.04
	1.41	10.37

The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

### 인공경량골재 담체와 폴리우레탄에 활성탄을 흡착시켜 만든 담체간의 비교




The Center for Resource-Processing of Solid Waste

Kyonggi University

## 경제성 분석

- 더스트 처리비용
  - 연간 1만톤 처리 시(30ton/day)
  - 습식혼합에 의한 cake 제조시 까지의 비용
  - 시설 감가상각 5년
- 시설비 450백만원
  - Tube mill 200백만원
  - 혼합조 50백만원
  - Filter press 200백만원
- 인건비 (1인) 12백만원  
1백만원 X 1인 X 12개월 = 12백만원
- 원료비용
  - 적점토 5천원 X 10천톤 = 50백만원
  - 백 토 25천원 X 10천톤 = 250백만원
- 적색소지 :  $(1+2+3a) / 10$ 천톤 = 15,200천원  
백색소지 :  $(1+2+3b) / 10$ 천톤 = 35,200천원


The Center for Resource-Processing of Solid Waste

 Kyonggi University

## 결 론

- 고상폐기물의 재활용 : 건축/토목재료
- 복합안정화 처리
  - 폐기물 분류 및 조합 혼합 건조 소성
  - 낮은 소성온도
  - 기계적 강도, 흡수율, 색상
- 유리화에 의한 중금속 안정화 기구
  - 중금속 망목형성제, 중간제 안정화
- 다공체 제조
  - 발포기구 : 산화환원반응에 의한 가스발생+표면치밀화
  - 승온속도의 조절

The Center for Resource-Processing of Solid Waste

 Kyonggi University