

# cement & nature 시멘트와 자연이... 하나되다



세상은 언제나 아이들의 것입니다.  
우리 아이들에게 깨끗한 환경,  
편리하고 안전한 미래를 물려 주기 위해  
시멘트는 자연과 하나가 되겠습니다.  
사람과, 자연과, 미래를 이어주는 일,  
시멘트는 자연에서 왔기에  
그 길을 힘차게 걸어가겠습니다.



『시멘트 소성로』를 활용한 하·폐수 슬러지 재활용 워크숍

주관 : 한국시멘트협회  
일자 : 2014. 9. 16 (화)

『자원순환사회 시멘트산업이 앞장서겠습니다!』

## 『시멘트 소성로』를 활용한 하·폐수 슬러지 재활용 워크숍

주관 : 한국시멘트협회    일자 : 2014. 9. 16 (화)



한국의시멘트협회  
KOREA CEMENT ASSOCIATION



『자원순환사회 시멘트산업이 앞장서겠습니다!』

# 『시멘트 소성로』를 활용한 하·폐수 슬러지 재활용 워크숍

주관 : 한국시멘트협회      일자 : 2014. 9. 16 (화)



## ▶ 발표 내용

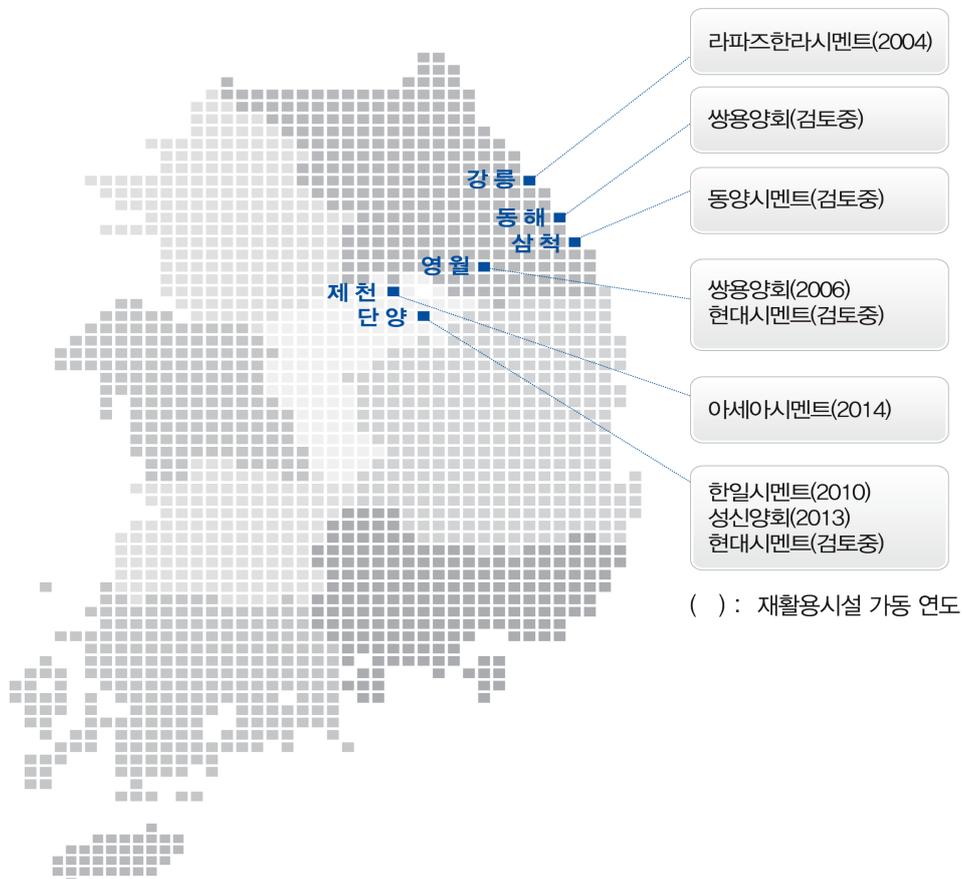
구 분	시 간	내 용	발표자
개 회	10:00~10:30[30]	- 개회식	
폐기물 재활용 정 책	10:30~11:10[40]	- 『시멘트 소성로』 를 활용한 국·내외 폐기물 재활용 현황	최우진 교수 (수원대학교)
	11:10~11:50[40]	- 하수슬러지 재활용 정책방향	조성돈 주무관 (환경부 생활하수과)
	11:50~12:30[40]	- 폐수처리오니 해양배출 현황 및 정책방향	류산형 사무관 (해양수산부 해양보존과)
안전특강	12:30~13:30[60]	- 중 식	
	13:30~14:10[40]	- 안전보건의 기업경영에 미치는 영향과 간부의 역할	박연홍 이사장 (한국안전교육강사협회)
시멘트 소성로 우수성	14:10~14:30[20]	- 동영상 상영 · 시멘트 생산 공정 · 재활용 시설 소개	이세아 리파즈한라
	14:30~15:00[30]	- 『시멘트 소성로』 를 활용한 안정적인 하·폐수슬러지 처리 방안	천필찬 부장 (리파즈한라)
	15:00~15:30[30]	- 『시멘트 소성로』 를 활용한 하·폐수 슬러지 재활용 및 일본의 재활용 사례	박종광 과장 (쌍 용)
재활용 사 례	15:30~16:00[30]	- 하수슬러지 재활용 사례	전광일 주무관 (수원시 환경사업소)
	16:00~16:30[30]	- 폐수슬러지 재활용 사례	정상선 과장 (CJ제일제당)

## 시멘트사 사업장 현황

사업장		주소	전화번호
강원	동양시멘트	삼척 강원도 삼척시 동양길 20	033-571-7347
	쌍용양회공업	동해 강원도 동해시 효자로 246	02-2270-5605
		영월 강원도 영월군 한반도면 쌍용로 89	
	현대시멘트	영월 강원도 영월군 한반도면 화랏길 57	033-370-5573
라파즈한라시멘트	강릉 강원도 강릉시 옥계면 산계길 225	02-6902-3271	
충북	한일시멘트	단양 충청북도 단양군 매포읍 매포길 245	043-420-5316
	현대시멘트	단양 충청북도 단양군 매포읍 고양길 95	033-370-5573
	아세아시멘트	제천 충북 제천시 송학면 송학산로 14	043-649-5461
	성신양회	단양 충청북도 단양군 매포읍 매포길 18	043-420-4572

※ 한국시멘트협회 : 02) 538-8233

## 시멘트사 하·폐수슬러지 재활용 시설 현황



발표 1

---

---

『시멘트 소성로』를 활용한  
국·내외 폐기물 재활용 현황

---

---

최우진  
수원대학교



## 시멘트 소성도를 활용한 국내외 폐기물 재활용 현황

2014. 9. 16

최 우 진

수원대학교, 폐기물자원화기술연구소

이메일 : wzchol@suwon.ac.kr

### 지구 위기

- 자연재해로 인한 경제적 손실 매년 12% 씩 증가
- 만약 향후 GDP 3% 증가가 유지될 경우 세계경제는 2065년경 파산 될 것으로 예측
- Stern Review(2013)에 의하면 기후변화(climate change) 로 인한 경제손실이 2100년도에는 전 세계 GDP의 5~20%에 달할 것으로 예측

“사전예방이 절대적으로 필요”



## 지구 위기

### 유엔 기후변화 위원회(IPCC) 경고

21세기말(2081-2100년) 기후변화

온도(°C) 상승		해수면 상승(cm)	
전 지구	우리나라	전 지구	우리나라
3.7	5.9	63	65(남·서해안) 99(동해안)

\*자료 : IPCC(제15차 평가보고서)

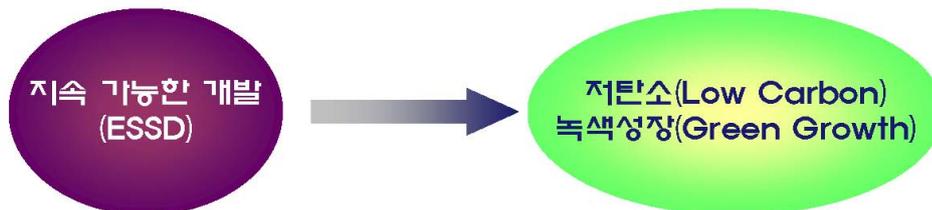
- UN 보고서에 의하면 기후변화 대처 비용 연 1000억불(106조원)
- 2013년 필리핀 강타한 태풍피해 : 6000명 사망, 피해액 100억불
- 방글라데시의 경우 폭우로 댐 유실 - 식량사정 악화
- 우리나라의 경우 제주 용머리해안 - 해수면 상승으로 관광이 어려움

3



## 환경패러다임의 변화

### ◆ 국제환경 패러다임의 변화



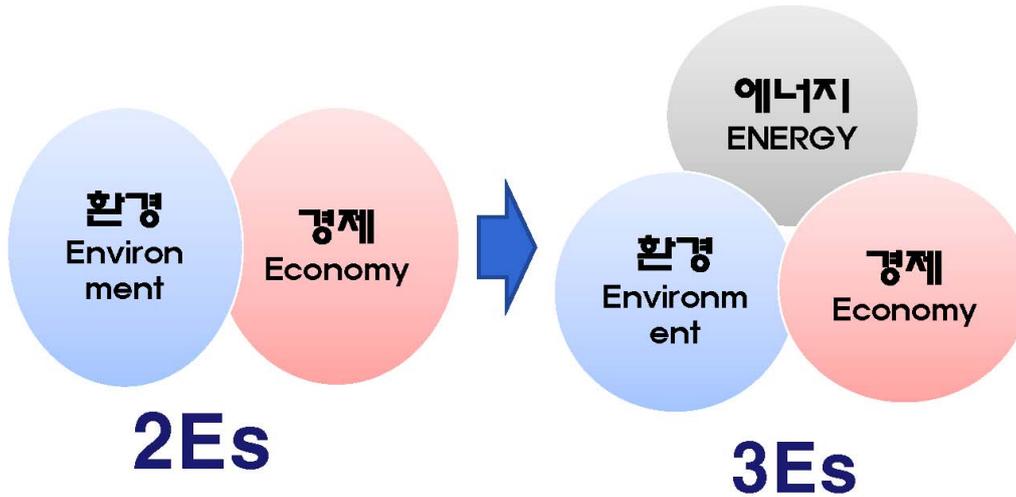
- ❖ 사후처리기술
- ❖ 청정·공해방지기술
- ❖ 자원순환사회구축

- ❖ 지구온난화
- ❖ 탈화석연료시대
- ❖ 녹색성장

4

## 환경패러다임의 변화

◆ 자원순환형 사회 구축을 위한 환경관리 패러다임



5

## 국내 폐기물 발생 및 처리 현황

### · Current Status of Waste Generation

Table 1. Amount of Municipal Solid Waste Generation in Korea (unit : ton)

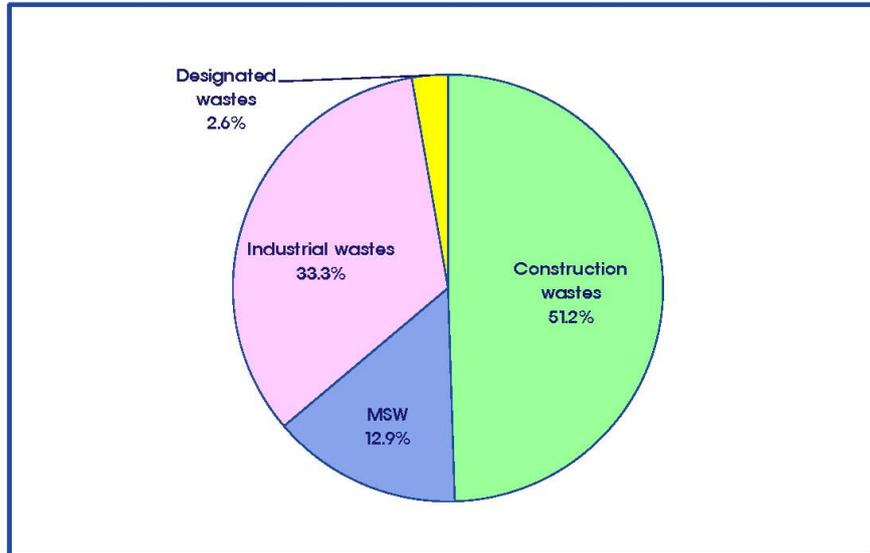
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total Generation	50,346	52,072	50,906	49,159	48,934	48,989
Landfilling	11,882	10,585	9,471	8,797	8,391	7,778
	23.61%	20.33%	18.60%	17.89%	17.15%	15.88%
Incineration	9,347	10,349	10,309	10,609	11,605	12,261
	18.57%	19.87%	20.25%	21.58%	23.72%	25.03%
Recycling	29,116	31,138	31,126	29,752	28,938	28,950
	57.82%	59.80%	61.15%	60.53%	59.13%	59.09%

(Data : Ministry of Env. , 2012)

6

## 국내 폐기물 발생 및 처리 현황

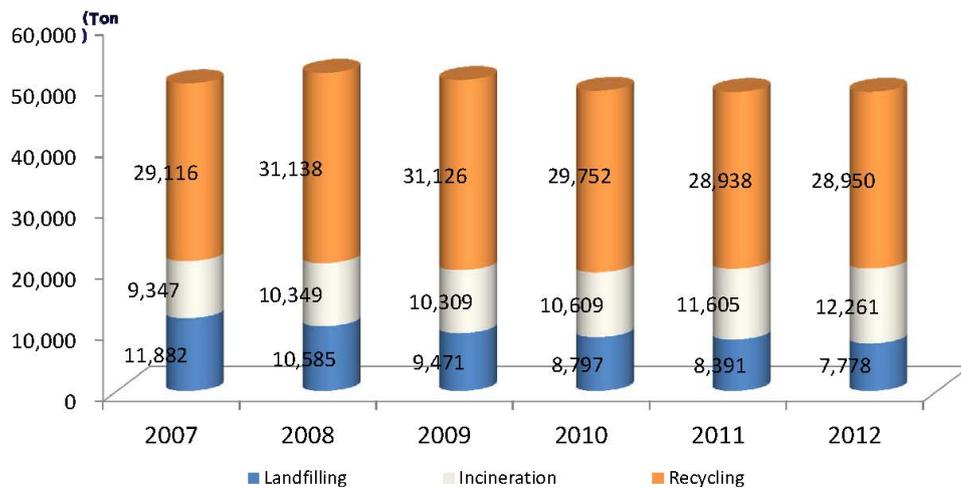
· Total Waste Generation (2012) : 380,000 ton/d



7

## 국내 폐기물 발생 및 처리 현황

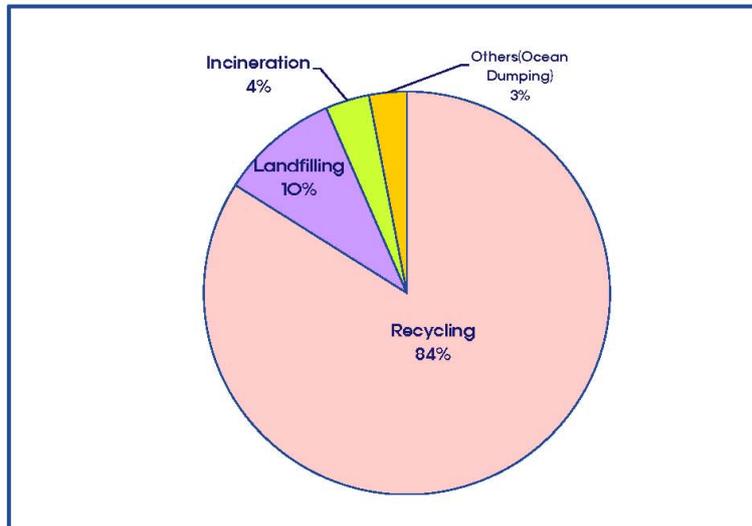
· Current Status of Waste Disposal (MSW)



8

## 국내 폐기물 발생 및 처리 현황

### - Current Status of Waste Disposal (Industrial wastes)



9

## 폐기물 관리

- 매립지 매립가스로 인한 지구온난화 심화
  - 8~12%의 지구온난화 가스는 매립가스 때문임(매립가스 주성분 메탄=이산화탄소x21배)
  - 매립가스의 평균 포집율은 30~40%정도
- 국내 폐기물 정책방향&제도적 체계화(자원순환전환 촉진법 입법 예고)
- 폐기물처리 패러다임 변화
  - 단순 폐기물처리 매립, 소각
  - ↓
  - 순환자원 이용확대, 에너지 활용을 향상, 직매립 제로화 등
- 2016년부터 하·폐수 슬러지 해양투기 전면금지

10



## 폐기물 관리

- 정부의 폐기물관리정책의 기본은 폐기물의 감량화와 자원화임. 최근 정부는 자원순환사회의 조기 구축을 위해 자원순환사회전환 촉진에 관한 법률을 입법 예고함. 본 법의 주요 내용은 재활용 자원의 최대 확보, 재활용 기반 확충 및 재활용 시장 창출이며, 본 법은 기존의 폐기물관리법, 재활용법, 전기전자법 및 건설폐기물법을 보완한 것임.

### < 자원순환사회전환 촉진법의 주요내용 >

재활용자원확보	업계지원	재활용시장 창출
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자원순환사회 촉진 부담금</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물 종료인정제</li> <li>• 자원순환시설 특례</li> <li>• 재정기술지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 순환자원거래소</li> <li>• 순환자원 사용의무</li> </ul>

- 본 촉진법의 주요 내용은 재활용 비용을 고려하여 소각/매립 시 부담금 부과임

11



## 폐기물 관리

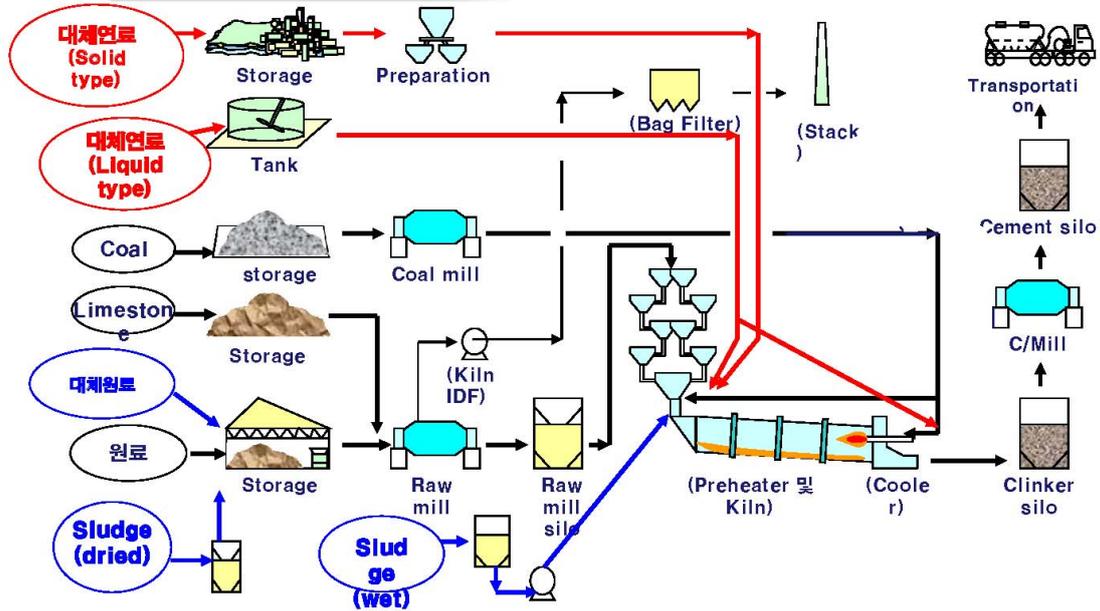
### \*유럽국가들의 물질 재활용과 에너지회수에 대한 인식

- 자원효율성 측면에서 물질 재활용은 에너지 회수와 안정적 폐기물 처리와 비교될 만큼 중대한 사회적 이득을 가져다 줌. (종이, 플라스틱, 금속류, 유기성 폐기물 등.)
- 에너지 효율성을 높일 수록 기후 변화의 원인이 되는 지구온난화 가스 발생은 감소됨. (CO<sub>2</sub>-Emissions)
- 최근 폐자원 이용으로 인한 이익이 점차 증가하고 있는 추세임. 증장 기적으로 폐자원 에너지 활용으로 인한 수익은 매우 의미 있는 결과를 가져다 줄 것임.

12

# 시멘트 제조과정

## 시멘트 제조과정



13

# 시멘트 제조 - 폐기물 처리과정 비교

시멘트 제조과정	공정원리	폐기물 처리과정
석회석+부원료 ↓ 파쇄/분쇄/혼합	<물리적 처리> 원료화 ↔ 감용화	수집/운반 ↓ 파쇄/절단/압축
원료 소성(1,450℃) ↓ 냉각 ↓ 제품(시멘트)	<열적처리> 신물질합성 (무해화) ↔ 감량화	소각(850℃) ↓ 냉각 ↓ 소각재(매립)

(자료 : 한국시멘트협회)

14

## 시멘트 산업의 폐자원 활용 필요성



※ 시멘트산업의 순환자원 재활용은 천연자원 사용을 줄이고, 기후변화협약에 대응하기 위한 수단임(선진국도 동일)

(자료 : 한국시멘트협회)

15

## 시멘트 생산과정별 폐자원 활용 절차

	① 원료 분쇄	② 시멘트 소성	③ 시멘트 분쇄
시멘트 생산과정	<p>석회석, 점토, 규석, 철광석 → 원료분쇄기</p>	<p>유연탄, 시멘트 소성로</p>	<p>클링커 석고 → 시멘트 분쇄기</p>
생산과정별 재활용 연료 및 원료	원료용 순환자원 석탄회, 주물사, 오니류, 슬래그	연료용 순환자원 폐타이어, 재생유, 폐합성수지, 폐목재	첨가재용 순환자원 슬래그 부산석고
설명	석회석과 기타 부원료를 함께 섞어 품질조합을 한 후에 원료분쇄기에서 건조시키면서 분쇄합니다.	분쇄된 원료를 예열한 후, 시멘트 소성로에서 소성한 후에 급냉하여 반제품인 클링커를 만듭니다.	클링커에 소량의 석고를 첨가하여 시멘트 분쇄기에서 분쇄하면 최종 제품인 시멘트가 완성됩니다.

(자료 : 한국시멘트협회)

16

## 2013년도 국내 시멘트업계 폐기물 재활용 현황

(단위 : 천톤)

구분	종류	동양			쌍용			한일		현대		아세아	성신	라파즈	고려	합계
		삼척	동해	영월	단양	영월	단양	제천	단양	목계	장성					
원료	점토질	연소재	674	809	47	464	40	28	117	326	163	23	2,691			
		오니류(유기)	-	6	11	158	-	-	-	7	45	-	227			
		오니류(무기)	72	2	57	101	35	1	83	49	5	26	431			
	규산질	메주물사	33	159	46	81	39	10	-	-	85	3	455			
	소계		778	977	162	804	114	38	381	381	298	52	3,804			
연료	페타이어	49	143	19	27	8	-	3	3	-	4	263				
	폐합성수지	121	161	23	86	104	16	78	78	140	-	769				
	폐고무류	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	41				
	기타가연성	-	4	16	0	49	-	-	-	42	-	109				
	소계		169	308	58	146	161	16	81	81	182	4	1,182			
합계		948	1,285	220	950	275	54	463	463	480	56	4,987				

17

## 2013년도 국내 시멘트업계 부산물 재활용 현황

(단위 : 천톤)

구분	용도	종류		동양	쌍용	한일	현대	아세아	성신	라파즈	고려	기타	합계
원료		점토질	경석	0	2	0	0	0	97	0			99
		철질		174	177	172	327	79	290	200			1,419
		기타		0	79	0	0	0	0	0			79
연료		석유코우크스		76	134	15	36	0	0	145			406
		정제유		0	3	0	0	1	1	2	1		8
		재생유(WDF)		14	146	75	0	16	29	74			355
		기타( )		0	0	0	0	0	1	0			1
혼합제		코로슬래그		759	647	1,007	591	119	492	1,005		3,308	7,953
		기타( )		15	4	18	6	5	2	0		31	81
응결지연제		탈황석고		36	298	76	121	58	232	53		52	926
		중화석고		194	99	0	18	41	0	227			583
		기타( )		10	13	120	30	0	0	0	48		211
합계				1,279	1,629	1,483	1,128	318	1,145	1,706	43	3,391	12,121

18

## 일본 시멘트업계 폐기물·부산물 사용 현황

일본시멘트협회는 최근 2013년도 시멘트업계의 폐기물·부산물 사용량을 집계하여 「시멘트 연도북 2014년판」에 게재

(단위 : 천톤)

종류	용도	2009	2010	2011	2012	2013
고로슬래그	혼합재, 원료	7,647	7,408	8,082	8,485	8,995
석탄회	원료, 혼합재	6,789	6,631	6,703	6,870	7,333
오니, 슬러지	원료	2,621	2,627	2,673	2,987	3,206
건설발생토	원료	2,194	1,934	1,946	2,011	2,407
부산석고	원료(첨가재)	2,090	2,037	2,158	2,286	2,401
연소재(석탄회 제외) 분진, 더스트	원료, 연료	1,124	1,307	1,394	1,505	1,405
비철광재 등	원료	817	682	675	724	770
목재	연료	505	574	586	633	657
주물사	원료	429	517	526	492	461
페플라스틱	연료	440	418	438	432	460
철강슬래그	원료	348	400	446	410	423
폐유	연료	192	275	264	273	273
폐백토	연료	204	238	246	253	273
재생유	연료	204	195	192	189	186
페타이어	원료, 연료	103	89	73	71	65
옥골분	원료, 연료	65	68	64	65	63
경석	원료, 연료					
기타	-	518	595	606	835	887
합계	-	26,291	25,995	27,073	28,523	30,265
시멘트1톤당 사용량 (kg/t-oe)	-	451	465	471	481	486

19

## 일본 시멘트업계 폐기물·부산물 사용 현황

- 고로시멘트의 판매량이 4년만에 1,000만톤을 상회하여, 폐기물·부산물 사용량은 '07년도 이래 6년만에 3,000만톤을 초과한 30,265톤('12년도에 비해 6.1% 증가). 시멘트 1톤당 사용량(원단위)은 486kg으로 '04년도 이후 11년 연속으로 400kg 이상 달성, 전년도에 비해 5kg 증가.
- 고로시멘트 혼합재 및 보통포틀랜드시멘트의 소량 혼합성분 등에 사용된 고로슬래그 사용량이 가장 많은 8,995천톤으로 전년도에 비해 6% 증가(고로시멘트의 판매량 9.3%증가, 생산량 10.8% 증가한 것이 주된 이유).
- 시멘트 원료의 점토대체 및 플라이애시 시멘트 혼합재 등에 사용되는 석탄회는 6.7% 증가한 7,333천톤임.
- 후쿠시마 원전사고로 인해 화력발전소의 가동을 향상으로 석탄회 발생량 증가.
- 오니·슬러지는 7.3% 증가한 3,206천톤임(고로슬래그 및 석탄회 등 산업계의 폐기물·부산물과 다르게 생활폐기물인 상하수도 오니는 경기동향에 좌우).

20



## 일본 시멘트업계 폐기물·부산물 사용 현황

- 경기동향에 영향을 받는 건설발생토는 19.7%증가한 2,407천톤임.
- 분쇄공정에서 첨가재로서 주로 사용되고 있는 부산석고는 5.0% 증가한 2,401천톤임. 화력발전설비 등의 배연탈황에서 발생하는 탈황석고는 탄산칼슘의 대체로 수산화마그네슘의 사용량이 증가함에 따라 발생량은 감소 경향임.
- 원료대체는 원단위로서는 상한치에 근접하고 있는 것으로 알려져 각 사가 최근에 주력하고 있는 것은 열에너지 대체 증량임.
- 중장기적으로 석탄 가격의 상승 예측으로 각 공장은 타산업에서 처리가 곤란한 염소 함유량이 많은 것 등의 반입 처리 체제를 갖춤.
- 열에너지 대체의 대표는 목재와 플라스틱임(목재는 3.8% 증가한 657천톤, 폐플라스틱은 6.5% 증가한 460천톤임).

21



## 일본 시멘트업계 폐기물·부산물 사용 현황

- 폐플라스틱의 경우 ASR의 시멘트 자원화도 진행되고 있음(30개 공장 중 15개 공장이 ASR 재자원화 설비로 지정 인수 장소가 됨).
- 폐타이어는 8.5% 감소한 65천톤에 머무르고 있음.
- 원단위는 시멘트 생산량이 감소하는 중에도 증가하는 추세임.
- 원료계에서는 석회석을 제외한 모든 것이 폐기물·부산물로 대체되었고, 주요 업체는 열에너지 대체율 30%를 목표로 추진하고 있음.

22

## 2013년 주요 폐기물/부산물 재활용 현황 (한국, 일본)

(단위 : 천톤)

종류	용도	한국	일본	비고
고로슬래그	혼합재, 원료	7,953	8,995	일본의 경우 연소재, 분진, 디스트 등 1,405톤 활용
석탄회	원료, 혼합재	2,691	7,333	
오니, 슬러지	원료	658	3,206	
주물사	원료	455	461	
페타이어	연료	263	65	
폐합성수지	연료	769	460	
재생유	연료	355	186	
부산석고	원료(첨가제)	1,509	2,401	
석유코크스	연료	406	-	
건설발생토	원료	-	2,407	
철질	원료	1,419	423	철강슬래그(일본)

(일본자료 : 일본 시멘트신문, 한국자료 : 시멘트협회)

25

## 각국 폐기물·부산물 사용현황

### 국가별 보조연료 사용률

국가	독일	프랑스	유럽연합(EU)	일본	한국
사용률	52%	30%	18%	24.3%	17.3%

(한국의 경우 2011년 기준)

### 국가별 부원료 사용률

국가	독일	영국	프랑스	일본	한국
사용률	15%	6%	2%	7%	6%

(자료 : 한국폐기물자원순환학회지, 2012. July)

26

## 시멘트산업에서 폐기물재활용의 특징

항 목	주요내용
1. 2차폐기물의 발생이 없음	□ 소각로의 경우 소각 후 소각재 등의 폐기물/부산물 발생 → 매립 등 2차 오염피해
2. 무해화 처리공정임	□ 1450℃ 이상의 고온 소성처리 → 다이옥신류 등 발생이 없음
3. 천연원료의 사용량 감소에 기여	□ 다양한 폐기물/부산물을 시멘트 생산 공정에서 연/원료로 활용 → 천연 자원의 채굴량을 줄이므로서 자연환경보호에 기여
4. 온실가스 감축에 기여	□ 폐기물/부산물을 연/원료로 사용하므로써 온실가스 감축에 기여
5. 국가 자원순환형 사회구축에 공헌	□ 생활쓰레기 및 소각재 등을 활용하므로써 생활쓰레기 매립장의 수명연장에 기여

27

## 폐자원 사용시 기대효과



(자료 : 한국시멘트협회)

28

## 시멘트업계에서 폐기물재활용

주요대책	내용
에너지 절감시설 보급 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 석탄·원료분쇄(Vertical Mill), 예비 분쇄기 설치</li> <li>- 고성능 Separator 도입</li> <li>- 연료버너의 개선</li> <li>- 대형 Fan의 회전 제어</li> <li>- 폐열 이용의 확대, 열교환 효율 향상</li> </ul>
에너지 대체용 순환자원 사용 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유연탄 대체 연료사용의 확대(유연탄 가격의 지속적 상승)</li> <li>- 페타이어, 페플라스틱, RDF, 폐유, 목재(건설폐기물), 경석, 농촌 폐비닐, ASR 등</li> <li>- 소요량 6,000천톤의 30%까지 대체 가능</li> </ul>
순환자원의 사용 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 석탄회, 하수오니, 생활계 폐기물 등을 확대 활용하므로써 천연연료의 사용절감에 기여</li> <li>- CaO함유 폐기물의 이용(소각재 등) : 원료에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 저감에 기여</li> <li>- 국내 전체 폐기물 발생량 1억톤/년의 약 20%인 2,000천톤 까지 처리 가능</li> </ul>
혼합 시멘트 생산 비율 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고로시멘트, 에코시멘트, 폐광산 광미 등을 이용한 혼합시멘트의 생산 비율 확대</li> </ul>

29

## 시멘트업계에서 폐기물재활용

항 목	주요내용
1. 전처리 기술 개발	<input type="checkbox"/> 염소성분 조절 <input type="checkbox"/> 파쇄·선별, 혼합, 건조, 성형기술 <input type="checkbox"/> 투입기술
2. 품질검사/운전기술	<input type="checkbox"/> 폐기물의 품질검사체계 <input type="checkbox"/> 신뢰성 높은 운전기술 확보
3. 새로운 활용기술개발	<input type="checkbox"/> 목질계 Biomass 발전 기술 <input type="checkbox"/> 유기오니/폐유 혼합물(SOM)연료화 <input type="checkbox"/> 도시쓰레기 자원화 기술(AK system) <input type="checkbox"/> 소각재 제처리 기술(염소, 중금속 제거기술) <input type="checkbox"/> 에코시멘트 제조(소각재/오니, 폐광미 이용) <input type="checkbox"/> 프레온 처리기술
4. Software 기술	<input type="checkbox"/> 환경성평가(LCA)기술

30



## 결론

- 유럽의 경우 순환자원을 시멘트 소성로에서 보조연료와 부원료로 많은 양을 사용하고 있으며, 그 사용량은 점차 증가하는 추세임. 원칙적으로 시멘트 소성로에 사용하는 순환자원의 종류는 제한되지 않고 있으나, 단지 각국의 소성로 관련법, 설비수준, 폐기물 관리정책의 차이로 인하여 사용하는 폐기물의 종류는 크게 차이가 있는 것으로 나타남.
- 일본의 경우 부산물 사용량은 지속적으로 증가하는 추세이며, 사용하는 부산물의 사용원단위(kg/ton-cement)는 2005년 400kg/ton-cement에서 2013년 486kg/ton-cement 이상으로 증가함.
- 일본에서 가장 많이 사용하는 부산물은 고로슬래그와 석탄회, 오니·슬러지, 부산석고 등 이었으며, 최근에는 고로슬래그의 사용량은 감소하는 반면 석탄회와 오니·슬러지의 사용이 증가하고 있음. 또한, 2002년부터 건설 발생토와 동물성 잔재물 등의 사용을 시작하였으며, 그 양은 해마다 증가하고 있는 추세임.

31



## 결론

- 국내 시멘트 업계의 순환자원 사용량은 2005년에 11,873천톤을 사용하였으며, 그 양은 해마다 증가하여 2013년의 경우 20,912천톤을 사용함.
- 국내 시멘트 업계에서 사용하는 대표적인 순환자원은 석탄회, 고로슬래그, 제강·비철슬래그, 페타이어, 합성수지, 부산석고 등이며, 순환자원 사용원단위(kg/ton-cement)의 경우 2005년 252kg/ton-cement에서 2013년 442kg/ton-cement로 지속적인 증가 추세를 보이고 있음.
- 일본뿐만 아니라 선진국에서는 이미 오래전부터 많은 양의 순환자원을 시멘트 소성로에서 사용하고 있음. 따라서, 시멘트 업계는 순환자원의 사용 확대를 위한 대책마련이 필요함.
- 외국의 경우 시멘트 소성로와 소각시설에 대해 각각의 다른 기준을 적용하여 관리하고 있음. 이는 시멘트 소성로와 소각시설을 서로 다른 시설로 인정하는 것으로 국내의 관리기준 또한, 시멘트 소성로와 소각시설에 대하여 각각 다른 관리기준을 적용하는 것이 바람직함.

32

# 하수슬러지 재활용 정책방향

---

---

조성돈

환경부 생활하수과



# 하수슬러지 재활용 정책방향

2014.9

환경부 생활하수과

## - 목 차 -

**I** 하수슬러지 발생 및 처리현황

**II** 하수슬러지 에너지화 활용

**III** 하수처리시설 에너지 자립화

# I . 하수슬러지 발생 및 처리현황

## I 하수슬러지 발생 및 처리현황

4

### 1. 주변 여건

#### 하수슬러지 처리 국내외 동향

- 런던협약 당사국 86개국과 런던의정서 39개국의 해양투기금지
- 미국과 유럽 등 하수슬러지 자원화시설 설치로 비료와 토지개량재 활용



<미국>

- 1972년 해양투기 단계적 금지
- 1988년 해양투기금지법 승인
- 1999년 해양투기 전면금지



<영국>

- 1974년 해양투기 허가제 시작
- 1999년 해양투기 전면금지



<일본>

- 2007년 해양투기 허가제로부터 해양투기 전면금지

- 2006년 2월 해양환경관리법 해양배출기준 강화
- 2006년 3월 육상폐기물 해양투기관리 종합대책수립
- 2012년 1월부터 하수슬러지 및 가축분뇨 해양배출 전면금지



# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

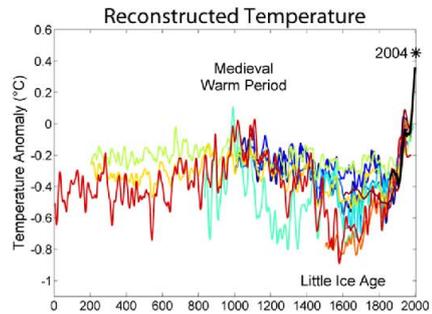
## 2. 하수슬러지 에너지화 추진배경

- 국제적인 초 고유가 시대 도래 및 온실가스 감축 대두
- 하수처리장의 많은 에너지 소비에 대한 인식전환 필요

- 신재생에너지 개발의 필요성이 대두된 이래로 국내 에너지 개발 지원정책은 정책적·경제적으로 활발히 진행 중
- 기존의 **처리개념**에서 **에너지 회수 개념**으로 전환하여 하수슬러지, 분뇨, 가축분뇨, 음식물류 폐기물 등 유기성 폐기물을 이용한 바이오가스 생산을 차세대 핵심사업으로 추진 중



가축분뇨를 건조하여 연료로 사용하는 부족 (방글라데시)



# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 3. 국내 하수슬러지 발생 및 처리현황

□ 하수시설 확충, 종인처리시설 설치 등에 따라 하수슬러지 발생량은 지속적으로 증가 추세이며, 연평균 5.9% 증가

< 하수슬러지 발생량 추이 >

년도	' 07년	' 08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'15년 (추정)	'20년 (추정)	'25 (추정)	
500 <sup>m<sup>3</sup></sup> /일 이상 처리시설	개소수	357	403	433	470	496	535	639	811	984
	하수처리량 (천 <sup>m<sup>3</sup></sup> /일)	16,745	17,113	16,681	16,111	18,353	20,392	22,900	27,080	31,260
	하수슬러지 발생량(톤/일)	7,518	7,719	8,295	8,438	9,156	9,930	10,763	12,728	14,692

\* 시설용량은 500톤/일 이상 하수처리시설 용량이며, '15년도, '20년도, '25년도는 원단위[하수 1<sup>m<sup>3</sup></sup>당 0.047%]에 의한 추정치임.



하수슬러지 발생량은 **매년 5.9%씩** 지속적 증가 추세

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 3. 국내 하수슬러지 발생 및 처리현황

< 하수슬러지 처리현황 >

구분	합 계	육상매립	소각	재활용	해양배출
'12년	9,930(100)	1,455(14.7)	3,496(35)	4,979(50.3)	-
'11년	9,145(100)	1,521(16.6)	2,115(23.1)	2,761(30.2)	2,747(30.0)
'10년	8,438(100)	926(11.0)	1,492(17.7)	2,395(28.4)	3,600(42.9)
'06년	7,446(100)	64(0.9)	937(12.5)	1,139(15.3)	5,306(71.2)



→ '12년 기준 전국 하수슬러지 발생량 9,930톤/일 중 1,455톤/일은 매립(14.7%), 3,496톤/일은 소각(35%), 4,979톤/일은 재활용 처리 (50.3%)

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 4. 하수슬러지 처리방안

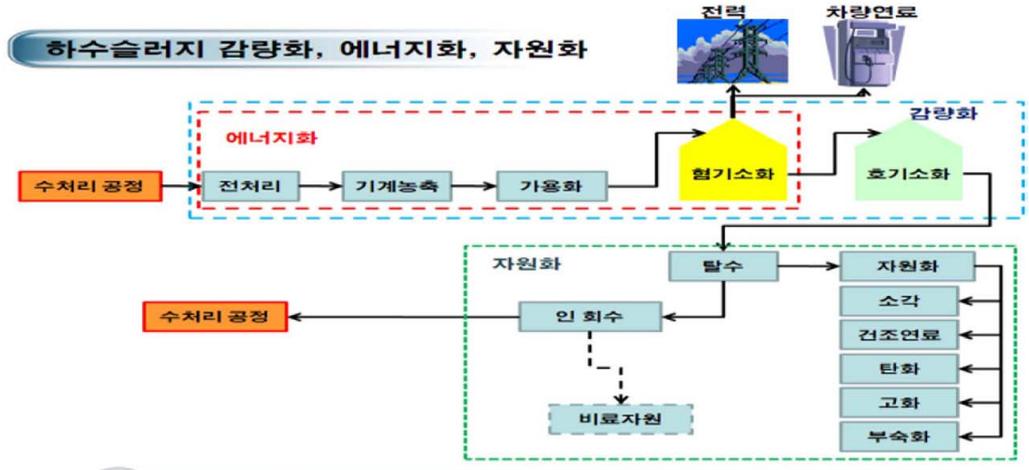
지역적 특성에 맞는 다양한 자원화 기술 적용 추진

<p>고화처리 후 복 토 재</p> <p>↑</p> <p>매립지 인근지역</p>	<p>부 속 화 [퇴 비 화]</p> <p>↑</p> <p>농 촌 지 역</p>	<p>혼 합 소 각</p> <p>↑</p> <p>소각장 인근지역</p>	<p>건조 후 보조연료 및 원료화</p> <p>↑</p> <p>화력발전소/ 시멘트회사 인 근 지 역</p>
--	--	---	---

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 4. 하수슬러지 처리방안

### 하수슬러지 에너지화 병행

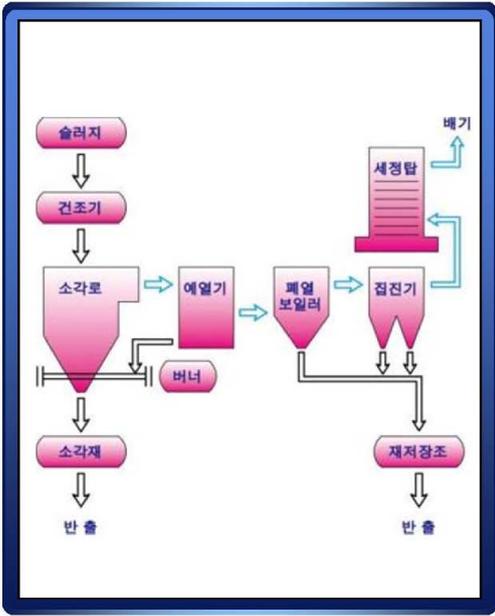


범 정부적으로 추진중인 “저탄소·녹색성장” 과 관련, 하수처리시설에 발생하는 하수슬러지를 미생물 분해하여 감량화하고 바이오가스 에너지를 생산하는 “하수처리시설 에너지 자립화” 병행추진

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 5. 하수슬러지 처리기술

### 소각



### 개요

슬러지를 건조하여 가연성분을 연소시켜 폐기물을 분해, 안정화시키는 기술 (유동상, 사이크론식, 드럼식, 스토카 방식)

### 장점

- 감량률이 높음.
- 기술적 신뢰성이 높음.
- 국내 설치실적이 많음.

### 단점

- 민원발생이 가장 큼.
- 환경오염 방지시설이 대규모로 필요

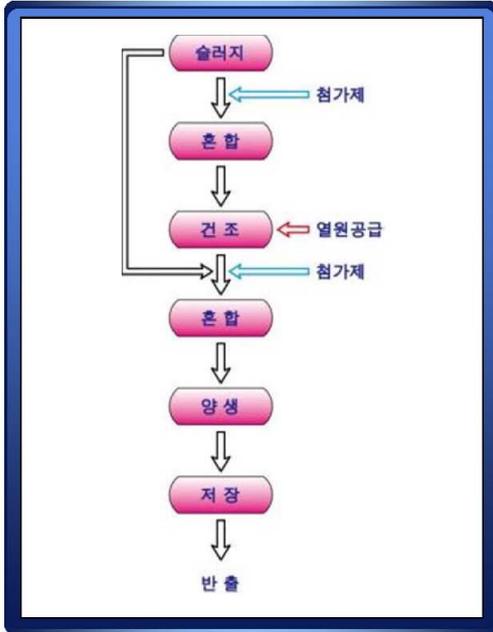
### 처리 부산물

- 매립
- 시멘트 원료 등

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 5. 하수슬러지 처리기술

### 고 화



### 개 요

하수슬러지를 건조하여 고화제와 혼합 후 양생하여 물리적으로 안정하고 미생물 번식이 가능한 복토재를 생산하는 기술

### 장 점

- 환경오염이 비교적 적음.
- 국,내외 기술수준 양호
- 대규모 매립장 보유지역에 유리

### 단 점

- 감량화율이 적음.
- 부산물 대체 재이용이 어려움.

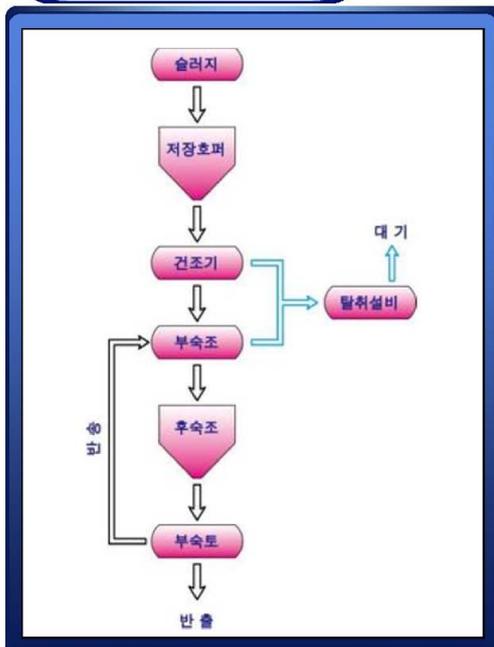
### 부산물처리

- 매립장 일일 복토재 등

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 5. 하수슬러지 처리기술

### 부 속 화(퇴 비 화)



### 개 요

유기성 슬러지를 호기성 조건에서 생물학적 분해하여 부숙, 후숙시킴으로써 안정적인 퇴비를 생산하는 기술

### 장 점

- 환경오염이 비교적 적음.
- 운영비가 비교적 적음.
- 국내·외 기술 수준이 높음.

### 단 점

- 감량화율이 낮음.
- 소규모에 적합(비료의 사용 시기 등)
- 함유 중금속 영향 크고 수요처 확보 곤란
- 소요부지 면적이 넓어야 함.

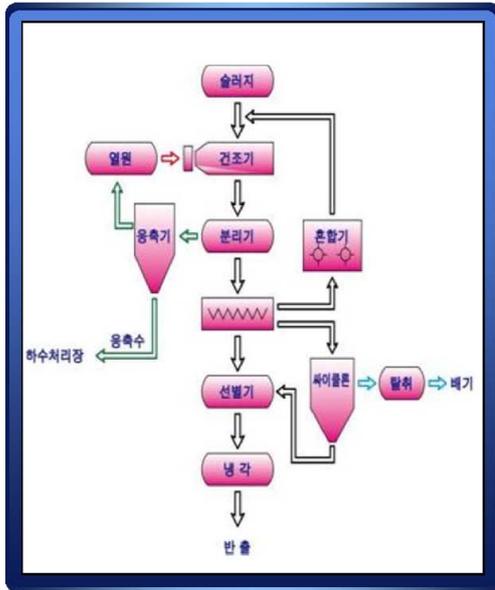
### 처리 부산물

- 육림지 퇴비
- 녹지용 퇴비
- 사면 녹화용

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 5. 하수슬러지 처리기술

### 건 조



### 개 요

슬러지내 수분을 외부 열원에 의하여 직접 또는 간접 열 접촉으로 수분을 제거하는 기술(드럼식, 로우터식, 디스크식, 다단로식 등)

### 장 점

- 운영관리가 쉬움.
- 기술적 신뢰성이 높음.
- 처리공정 단순

### 단 점

- 연료소비량 비교적 큼.
- 악취에 따른 민원발생 우려
- 감량율이 비교적 낮음.

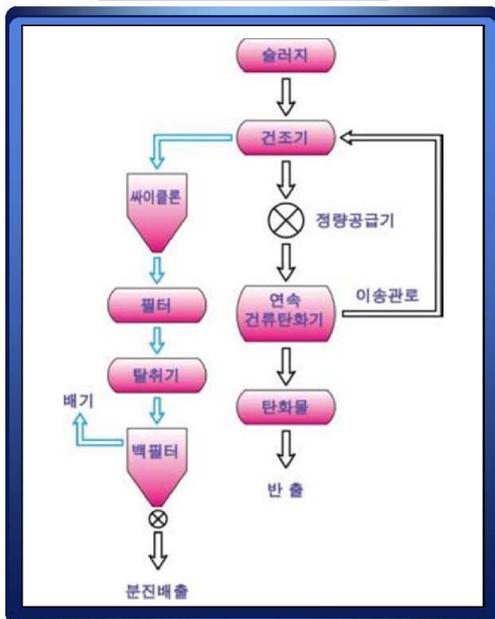
### 처리 부산물

- 시멘트 원료
- 시멘트 소성로 연료
- 토양 개량제 등

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 5. 하수슬러지 처리기술

### 탄 화



### 개 요

슬러지를 무산소 상태에서 열원을 공급하면 수분 및 가스는 분리되고 열분해 함으로서 탄화물이 생성되는 기술

### 장 점

- 감량효과 우수
- 부산물 처리가 다양
- 부산물 장기보관 용이
- 폐열 이용 가능

### 단 점

- 높은 염소 농도 시 부산물 처리에 제한
- 탄화물 특성이 불안정

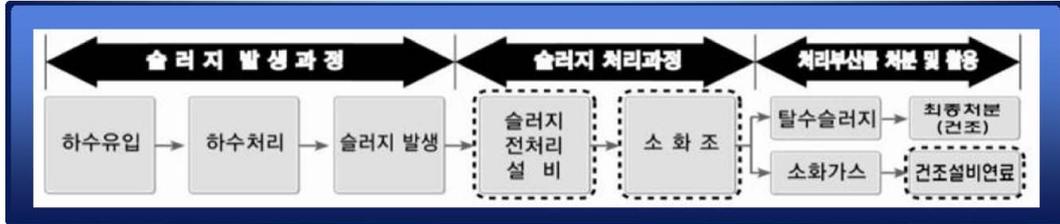
### 처리 부산물

- 토지개량제
- 비료원료
- 적조생물구제
- 단열재 등
- 철강 용융 보온재
- 연료
- 하천정화제

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 5. 하수슬러지 처리기술

### 바이오가스화



#### 개요

소화조 내 슬러지를 혐기성 상태에서 메탄발효하여 바이오가스(메탄)을 생성하고 유기물 분해로 슬러지를 감량화하는 기술

#### 장점

- 감량효과 우수
- 바이오가스로 발전 및 연료공급 가능
- 별도 에너지의 사용이 적음.

#### 부산물 처리

- 바이오가스는 발전 또는 자동차 연료 사용
- 소화슬러지는 탈수 후 자원화 처리 (고화/건조/탄화/소각)

#### 단점

- 생물학적 처리로 운전의 노하우 필요
- 소화슬러지 추가 처리 필요

# I 하수슬러지 발생 및 처리현황

## 6. 국내 하수슬러지 처리시설 현황

□ '12. 5월 기준, 89개 시설(9,157톤/일) 운영 중, 22개 시설(3,056톤/일) 건설(설계) 중

< 하수슬러지 처리시설 현황 >

구분	개소	용량 (톤/일)	사업비 (억원)	처리 공법					
				소각	건조	퇴비화	탄화	고화	미정
계	111	12,213	14,650	17	48	13	16	13	4
운영 중 시설	89	9,157	8,844	16	32	13	16	12	
건설 중 시설	22	3,056	5,806	1	16	-	-	1	4

< 연도별 하수슬러지 처리시설 설치 >

구분	소계	~ '07	'08	'09	'10	'11	'12	'13~	
개소	111	24	8	12	14	28	12	13	
용량(㎥/일)	12,213	3,207	1,582	468	718	3,027	1,155	2,056	
사업비 (백만원)	소계	1,462,893	175,802	93,182	77,031	94,972	444,173	195,383	382,350
	국고	721,147	48,883	47,695	53,923	60,612	212,826	100,703	196,505
	지방비	741,746	126,919	45,487	23,108	34,360	231,347	94,680	185,845

## II . 하수슬러지 에너지화 활용

### II 하수슬러지 에너지화 활용

18

#### 1. 하수슬러지 건조 연료화

##### 화력발전소 하수슬러지 건조부산물 보조연료 혼소

회사명	발전소명	석탄(유연탄)*		하수슬러지연료(전망)**		
		사용량 (톤/년)	평균열량 (kcal/kg)	사용량 (톤/년)	평균열량 (kcal/kg)	사용비율 (%)***
서부발전	태안화력	13,428,000	5,300	118,260	3,300	0.55
동서발전	당진화력	13,536,000	5,150	113,150	3,200	0.52
중부발전	보령화력	13,355,975	5,141	88,330	3,000	0.38
남동발전	삼천포화력	11,290,000	5,252	80,300	3,000	0.40
	영흥화력	10,808,000	-	사용하지 않음	-	-
남부발전	하동화력	13,390,000	-	사용하지 않음	-	-
계 (평균)		75,807,975	(5,211)	400,040	(3,125)	(0.46)

\* 석탄(유연탄) 자료는 '11년 발전소별 전체 석탄사용량(영흥, 하동은 혼소하지 않음)

\*\* 하수슬러지 연료는 전망치 기준이나 실체는 전망치의 60~70% 정도 생산됨 (별첨 참조)

\*\*\* 사용비율은 총 투입열량 대비 하수슬러지연료 투입열량 비율로 산출

## II 하수슬러지 에너지화 활용

발전소 연료사용을 위한 하수슬러지 건조 연료 생산 및 에너지화 활용과정



## II 하수슬러지 에너지화 활용

석탄화력발전소 하수슬러지 혼소설비 구성 및 배치



## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 화력발전소 하수슬러지 건조연료 전용 혼소설비 추진현황

회사명	발전소	혼소설비 설치 (설비용량)	공급량* (톤/일)	연료공급처
한국서부발전	태안 #3,4	'10.12월 준공 (420톤/일)	324	수도권매립지, 수원시 등
한국남동발전	삼천포 #3,4	'12.9월 준공 (250톤/일·호기)	220	부산시, 진주시, 김해시 등
한국중부발전	보령 #7,8	'12.6월 준공 (300톤/일)	242	광주시, 대전시 등
한국동서발전	당진 2개호기	'12.12월 예정 (500톤/일)	310	서울시, 수도권매립지 등
계	총 8개호기	-	1,096(톤/일)	습량기준 5,480톤/일 해당

\* 공급량은 지자체 등의 시설용량 기준으로 실제공급량과는 차이가 있을 수 있음

## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 2. 하수슬러지 보조연료+원료화

#### 시멘트생산시설 하수슬러지 보조연료+원료화 재활용

- [시멘트 소성로 공급] 건조·탄화물을 시멘트 생산시, 보조연료 및 부원료용 첨가재로 재활용
  - '10.9월 기준 3개 시멘트 업체에서 건조·탄화물 115톤/일 재활용 중, 최대 610톤/일까지 재활용 가능
- 〈 시멘트 소성로 연료화 수요·공급현황 〉 (단위: 톤/일)

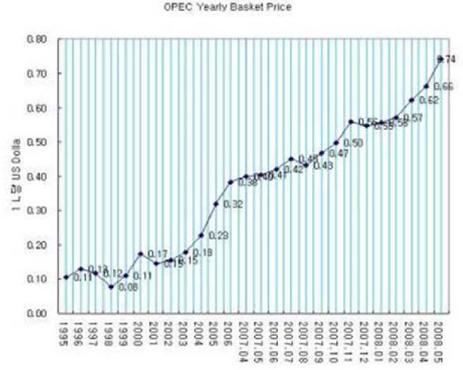
시멘트 업체	소재지	시설용량	처리량('10.9 기준)	
계		747	118.3	
라파즈한라	강원 강릉	120	18	서울 중량(10), 여수(8)
현대시멘트	강원 영월	280	45	김해(6), 수원(35), 무안(1) 안성(2.8), 남해(0.7)
쌍용양회공업(주)	강원 영월	70	25	수원(25)
	강원 동해	100	25	서울 중량(25)
아시아시멘트	충북 제천	40	2	제천(2)
한일시멘트	충북 단양	137	3.3	단양(3.3)

- 하수슬러지 연료 및 원료화에도 불구하고, 감량 및 에너지화 병행 필요
- 에너지 가격상승에 따라 공공하수슬러지처리시설 및 민간위탁시설의 처리비용 상승
- 해양배출금지에 따른 하수슬러지 처리보다 발생원의 감량화가 경제성이 우수함
- 하수슬러지 소화가스 증대 및 에너지 자립률 제고대책 필요

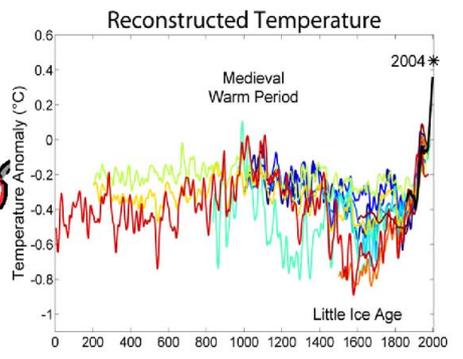
## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 3. 하수슬러지 바이오가스화

- 신. 재생에너지 개발의 필요성이 대두된 이래로 국내 에너지 개발 지원정책은 정책적. 경제적으로 활발히 진행
- 기존의 처리개념에서 에너지 회수 개념으로 전환하여 하수슬러지, 분뇨, 가축분뇨, 음식물등 유기성 폐기물을 혐기소화하여 바이오가스 생산 하는 차세대 핵심사업 추진



바이오매스로부터 직접적인 에너지 전환기술로 발전



## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 3. 하수슬러지 바이오가스화

#### 하수슬러지 혐기소화 현황

##### 가. 소화조 현황

□ 470개 공공하수처리시설 중 소화조가 설치된 처리시설이 65개소이며, 미가동 8개소를 제외한 57개소가 운영 중

< 하수슬러지 소화조 설치 시설별 현황 >

(개소)

구분	소계	50만톤 이상	50만톤 ~25만톤	25만톤 ~10만톤	10만톤 ~5만톤	5만톤 미만
소계	65	14	10	13	13	15
가동	57	14	9	12	10	12
미가동	8	-	1	1	3	3

## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 하수슬러지의 혐기소화 현황

#### 나. 소화조 운영 실태

□ 가동 중인 소화조의 총 용량은 1,824천톤이며, 대부분 용량 1만톤 ~ 5만톤의 소화조 운영 중

소화조 용량 (천 m <sup>3</sup> )	계	50이상	50미만 ~20이상	20미만 ~10이상	10미만 ~5이상	5미만
처리시설 수	57(100%)	7(12%)	13(23%)	12(21%)	7(12%)	18(32%)

○ 총 소화가스 발생량은 429,483 m<sup>3</sup>/일로 대부분 소화조 가온에 사용되며, 일부는 처리시설 냉난방 등에 이용, 나머지는 잉여가스로 연소

소화가스 이용	총 발생량	소화조 가온	소화조 가온외 방법			연소
			냉난방	발전	외부공급	
발생량(천 m <sup>3</sup> /일)	429,483	249,100	21,474	21,045	30,493	107,371
비율(%)	100	58%	5%	4.9%	7.1%	25%

## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 하수슬러지 혐기소화조 운영의 과제

#### 가. 효율 미흡

□ 하수슬러지의 농축률이 설계치(약 4%)보다 현저히 적어(0.8~2%) 소화조의 체류시간(25일 내외)을 만족하지 못함

○ 소화조의 소화효율이 평균 35.2%로 가능한 효율인 50%에 미치지 못함  
[소화효율0.5%의 경우도 나타남]

< 국내 소화조 운영효율비교, '09.10 기준 >

재래식 소화방식	소화효율(%)	고효율 소화방식	소화효율(%)	비교
재래식 원통형	35.1	난형	36.4	▽ 1.3%
2단 소화	34.9	단단 소화	37.4	▽ 2.5%
직접가온	32.2	간접가온	38.7	▽ 6.5%
국내 대부분 보급		국내 보급률 10%이하		

\* 선진국의 경우 소화효율이 약 65%를 상회

## II 하수슬러지 에너지화 활용

### 하수슬러지 혐기소화조 운영의 과제

#### 나. 정책 상충

- 질소, 인 제거를 위한 고도처리 시설 설치 후 잉여슬러지를 소화조에 유입하여 소화조 운영 시 고농도 총인이 포함된 반류수가 **처리장으로 재유입**
- 이에 따라 소화조 운영을 등한시 하거나 방치 또는 **단순 슬러지 저장조** 등 타 용도로 활용

#### 다. 운영기술 부족

- 국내 소화조 운영에 대한 **기술력이 낮음**
- 소화조 기술 자체가 효율성이 낮은 것으로 오해하여 소화조의 운영기술 습득에 대한 중요성을 인식하지 못함

## III 하수처리시설 에너지 자립화

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 1. 하수처리시설 에너지 자립화 계획

##### 하수처리시설의 높은 에너지 소비량에 대한 대책 마련 필요

- 하수처리시설은 하수의 수집·처리과정에서 다량의 에너지 소비
  - 전국 470개 하수처리장에서 2,510만톤/일의 하수처리 ('10년 기준)
  - 소화조가 설치된 처리시설은 65개소이며, 이 중 57개소에서 총 64개 소화조 운영
    - 국내 소화조의 효율은 유입수질 저하, 운영·관리 미숙 등으로 인해 미국 등 선진국의 1/4수준으로 에너지 이용률이 미미
  - 연간 395,121TOE 에너지 소비, 전력이 98.6% 차지(송풍기 40.1%, 유입펌프 21.3%)
  - 공공하수처리시설 에너지 자립율은 0.8%에 불과
- 그간 하수도 사업은 시설확충과 처리효율을 높이기 위한 신기술 도입에 집중하였으나 에너지 효율성에 대한 고려 미흡

##### 에너지 다소비 하수처리시설에서 에너지 재생산 시설로의 패러다임 전환

- 소화가스, 하수열, 시설공간 등 풍부한 에너지 잠재력을 보유

##### 소화조를 활용한 하수슬러지의 에너지화 및 감량화 추진

- 소화조 활용에 의한 바이오가스 이용 및 슬러지 감량화 병행(슬러지 감량을 18%~42%)

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 1. 하수처리시설 에너지 자립화 계획

##### 추진목표

'30년 하수처리시설 에너지 자립율 50%(343개소 중)  
 - 자립율 100%이상(38개소), 50%이상(85개소), 20%이상(220개소)

##### 추진단계

(2010~2015년)



- 혐기 소화가스 생산

(2016~2020년)



- 에너지 절감 및 풍력도입

(2021~2030년)



- 에너지 절감 및 태양광 도입

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 1. 하수처리시설 에너지 자립화 계획

추진과제



### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 1. 하수처리시설 에너지 자립화 계획

에너지 이용 · 생산 시범사업 추진(2010~2013년)

- 8개 지자체를 대상으로 소화가스·소수력·하수열 등이 결합된 패키지형 시범사업 추진 (수원,부천, 춘천, 창원, 아산, 안산, 문경, 군산)

부문별 에너지 이용 · 생산 계획(1)

하수처리과정 연계 미활용 에너지 이용

- 소화가스 이용 에너지 회수 확대
  - (소화조 시설 설치) 소화가스 발생량 2,000N<sup>m</sup>/일 이상인 26개소에 소화가스 이용 사업 추진으로 연간 157GWh 전력 생산(2010 ~ 2015년)
    - ※ 소화조 가온, 열병합 발전, 냉난방 연료, 정제 판매(차량용, 도시가스 연료 등) 적용시설별 공급 여건 및 용도를 고려하여 추진
  - (소화조 미설치 시설) 처리용량 5만톤/일 이상의 소화조 미설치 시설에 대해 소화조 신규 설치 추진(2012년 ~)
    - ※ 기존 슬러지 최종 처분 방법, 유입수질, 향후 음식물 및 분뇨 등 연계처리 가능성 등에 대한 검토 후 신설 추진

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 1. 하수처리시설 에너지 자립화 계획

##### ■ 부문별 에너지 이용 · 생산 계획(2)

###### ○ 소화가스 발생량 증가 대책 추진

- (소화효율 개선) 소화효율 개선사업 지속 추진, 소화가스 발생량 최대화를 위한 음식물 · 분뇨 등의 고탍수 바이오매스 투입 검토

※ 소화조 최적 운전 매뉴얼 마련, 운영·관리 기술지원 및 교육 실시

- (R&D 활성화) 전공정 혐기성 하수처리 기술, 슬러지 전처리 기술 등 소화가스 발생량 증가를 위한 기술 개발 및 적용(2011년 ~)

###### ○ 방류수 낙차를 이용한 소수력 발전시설 도입

- 방류수 낙차 2m 이상, 발전설비 용량 10kW 이상인 기존 시설 7개소에 소수력 발전 도입으로 연간 6GWh 전력 생산(2010 ~ 2015년)
- 저낙차 및 관거 유속을 이용하는 마이크로 소수력 발전 도입(2012년 ~)

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 2. 하수처리시설 에너지 자립화 효과

##### 하수슬러지 발생 감량화

- 혐기소화에 따른 2,490톤/일의 탈수슬러지 추가 감량 예상  
(5만톤/일 이상 하수처리시설의 소화조 설치 및 개량)

- 기존 소화조가 설치된 5만톤/일 이상 하수처리장(전국 45개소)의 소화조 개량으로 소화효율 증가(기존 30% → 50%)에 따라 탈수슬러지 1,425톤/일 감축  
(슬러지 감량을 18% 개선)

- 기존 소화조가 미 설치된 5만톤/일 이상 하수처리장(전국 37개소)의 소화조 설치로 소화효율 증가(기존 0% → 50%)에 따라 탈수슬러지 1,065톤/일 감축  
(슬러지 감량을 42% 개선)

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 2. 하수처리시설 에너지 자립화 효과

##### 하수슬러지 처리시설 설치운영 효율 증가

##### 탈수슬러지 처리시설 설치비용 절감

##### 5,438억원의 설치비용 절감가능

※ 슬러지 처리시설 톤당운영비는 「하수슬러지 관리 선진화 방안 마련 연구, 환경부, 2011.11」에서 제시된 처리방식별 평균 톤당 설치비 218,389천원/톤 적용  
 <2,490톤/일 × 218,389천원/톤 = 5,438억원>

##### 탈수슬러지 처리시설 운영비용 절감

##### 20년간 14,780억원의 운영비용 절감가능

※ 슬러지 처리시설 톤당운영비는 「하수슬러지 관리 선진화 방안 마련 연구, 환경부, 2011.11」에서 제시된 처리방식별 평균 톤당 운영비 81,293원/톤 적용  
 <2,490톤/일 × 81,293원/톤 × 365일/년 = 739억원/년>

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 2. 하수처리시설 에너지 자립화 효과

##### 소화가스 판매에 따른 경제적 이익발생

##### 연간 총 221백만<sup>m</sup>의 소화가스 생산(년간 1,044억원의 LNG 대체 가능)

※ 연간 소화가스 발생량 221,438,910<sup>m</sup>에 메탄비율 60% 적용후 LNG 단가 786원/<sup>m</sup> 적용  
 <221,438,910<sup>m</sup> × 0.6 × 786원/<sup>m</sup> = 104,430,589,956원>  
 - 20년간 20,880억원의 LNG 대체 수익발생

##### 총 20년간 약 4조1천억원의 경제적 효과 예상

- 하수슬러지 감량에 따른 건설비 절감액 : 5,438억원
- 하수슬러지 감량에 따른 운영비 절감액 : 14,780억원
- LNG 대체 수익금액 : 20,880억원

하수슬러지 바이오가스화시설 설치를 위해 2020년까지 약 1조 3,782억원 투자 예정(2013년부터 매년 1,500억원 투자)

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 3. 하수처리시설 에너지자립화 시범사업

##### 에너지자립화 시범사업(1차) 현황(2010~12)

시범사업 대상	수원 하수처리장	창원 하수처리장	춘천 하수처리장
시설 용량	520천 <sup>m</sup> /일	500천 <sup>m</sup> /일	150천 <sup>m</sup> /일
사업 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>소화조 효율개선(슬러지 가용화)</li> <li>슬러지 자원화시설 소화가스 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>소화조 효율개선(슬러지 가용화)</li> <li>가온보일러 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>열병합 발전</li> <li>가온보일러 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>
예산 총사업비	85억원	66억원	76억원

##### 에너지자립화 시범사업(2차) 현황(2011~13)

시범사업 대상	부천 하수처리장	안산 하수처리장	아산 하수처리장	군산 하수처리장	문경 하수처리장
시설 용량	900천 <sup>m</sup> /일	534천 <sup>m</sup> /일	63천 <sup>m</sup> /일	200천 <sup>m</sup> /일	30천 <sup>m</sup> /일
사업 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>소화조 효율개선(슬러지 가용화)</li> <li>소각시설</li> <li>소화가스 연료공급</li> <li>발전설비</li> <li>가온보일러 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>소화조 효율개선(슬러지 가용화)</li> <li>슬러지 소각시설</li> <li>소화가스 연료공급</li> <li>가온보일러 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>소화조 효율개선(슬러지 가용화)</li> <li>발전설비</li> <li>가온보일러 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소화조 효율개선(부대설비 개선)</li> <li>슬러지자원화시설</li> <li>소화가스연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 농축설비</li> <li>소화조 효율개선(슬러지 가용화)</li> <li>발전설비</li> <li>가온보일러 연료공급</li> <li>에너지 절감</li> </ul>
예산 총사업비	137억원	200억원	86억원	51억원	96억원

### Ⅲ 하수처리시설 에너지 자립화

#### 3. 에너지 자립율

##### 시범사업 대상 하수처리시설의 에너지 자립율 개선

구분	하수처리용량	소화가스 발생량 (m <sup>3</sup> /일)	발전량 (Mw/년)	에너지 자립율
수원하수처리장	52만톤/일	7,332	- (LNG대체연료)	10.5%
춘천하수처리장	15만톤/일	6,597	4,267	29.5%
창원하수처리장	50만톤/일	12,389	- (차량연료)	26.9%
부천하수처리장	90만톤/일	39,558	22,932 (LNG대체연료)	40.4%
안산하수처리장	53만톤/일	12,839	3,665 (LNG대체연료)	14.3%
군산하수처리장	20만톤/일	8,526	- (LNG대체연료)	32.1%
아산하수처리장	6만톤/일	2,372	2,206	22.7%
문경하수처리장	3만톤/일	2,423	1,542	25.6%
<b>계</b>		<b>92,036</b>		<b>25.25%</b>

## 시사점

### 대체에너지로서의 하수슬러지 인식전환

-  **하수슬러지 처리 운영 선진화 필요**
  - 자원화 및 에너지화 정보제공 시스템 마련
  - 가동을 제고를 위한 연계처리시스템 마련
  
-  **하수슬러지 감량/에너지화에 대한 지속적인 기술보급 및 정책지원**
  
-  **하수슬러지 자원 및 에너지화시설 설치 및 운영지침 마련시급**
  
-  **하·폐수열 등 하수도 미활용에너지 이용방안에 대한 적극적 검토**

# 폐수처리오니 해양배출 현황 및 정책방향

---

---

류선형

해양수산부 해양보존과



# 폐수처리오니 해양배출 현황 및 정책방향

2014. 9. 16

류선형



## 목 차

- I 해양배출 제도
- II 해양배출 현황
- III 해양배출 문제점
- IV 해양배출 저감정책 수립/시행
- V 향후 해양배출제도 정책 방향

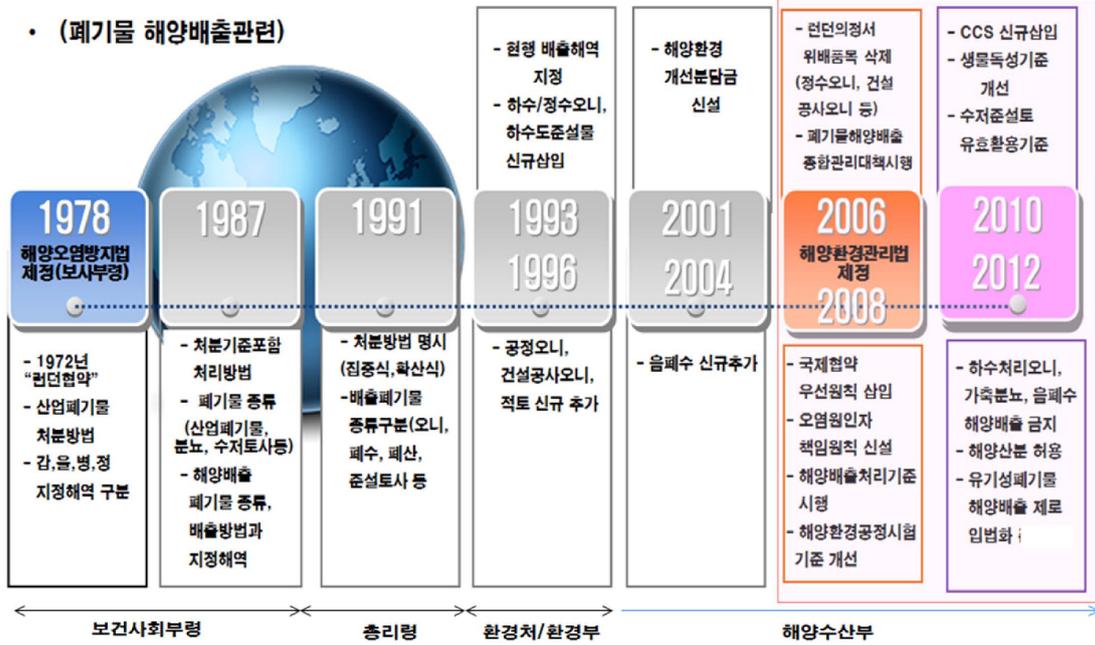


# 폐기물 해양배출 제도 : '78년 도입

## ❖ 해양환경관리법 변천사

· (폐기물 해양배출관련)

## 제로화 정책 (단계 시행)



## ♣ 해양환경관리법 제23조

① 누구든지 육상에서 발생한 폐기물을 해양에 배출할 수 없다.

- 다만, 해양환경의 보전·관리에 영향을 미치지 아니하는 범위 안에서 육상에서 처리가 곤란한 폐기물로서

i) 해양수산부령이 정하는 폐기물에 한하여

\* 시행규칙 별표 6

ii) 해양수산부령이 정하는 해역 및 배출방법에 따라

\* 시행규칙 별표 7

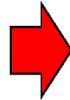
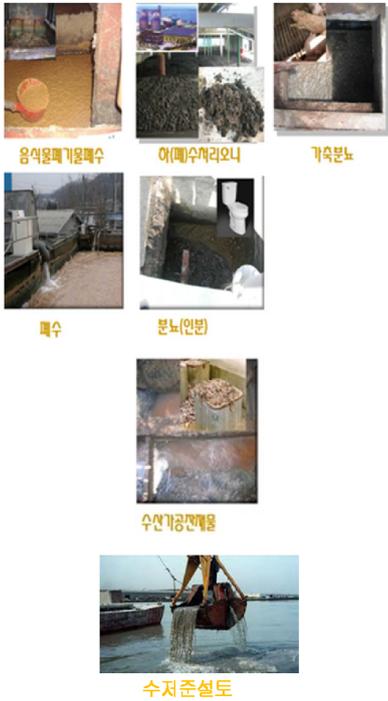
iii) 해양수산부령이 정하는 처리기준을 충족하여야 함

\* 시행규칙 별표 8

**i) 해양수산부령이 정하는 폐기물에 한하여 (시행규칙 별표 6)**

✓ 해양환경관리법

✓ 런던협약/런던의정서



**하수오니  
(Sewage Sludge)**

대한민국은 유일한 해양배출국



**생선폐기물  
(Fish Waste)**

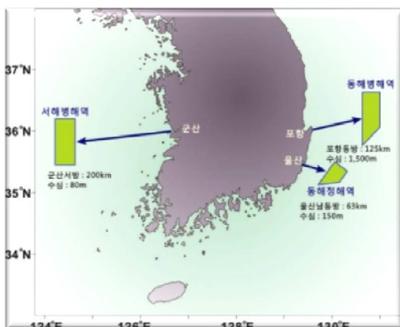
**준설물질**

**(Dredge material)**

당사국 해양투기량 중 99% 차지

**ii) 해양수산부령이 정하는 해역 및 배출방법에 따라(시행규칙 별표 7)**

구분	거리	면적	수심	배출가능 폐기물
동해병	포항 동방 125km	3,583km <sup>2</sup>	200 ~ 2,000m	<ul style="list-style-type: none"> <li>분뇨, 카축분뇨, 유기성폐수, 음식물·폐수</li> <li>수산가공잔재물, 하·폐수처리오니, 적토</li> <li>동식물잔재물, 수저준설토사, 폐젓갈</li> </ul>
동해정	울산 남동방 63km	1,189km <sup>2</sup>	150m	<ul style="list-style-type: none"> <li>분뇨, 카축분뇨, 유기성폐수,</li> <li>수산가공잔재물, 수저준설토사</li> </ul>
서해병	군산 서방 200km	3,165km <sup>2</sup> (38.0km×83.3km)	80m	<ul style="list-style-type: none"> <li>분뇨, 카축분뇨, 유기성폐수,</li> <li>폐수·하·폐수처리오니, 동식물잔재물,</li> <li>음식물류폐수, 폐젓갈</li> </ul>



정하는 해역 및 배출 방법 ↑

### III) 해양수산부령이 정하는 처리기준을 충족하여야 함(시행규칙 별표8)

(단위: mg/kg건중량)

구분	제1기준	제2기준
유분(광유류)	10,000	2,000
시아화합물	200	40
페놀류	4,000	800
크롬	1,850	370
아연	9,000	1,800
구리	2,000	400
카드뮴	20	4
수은	5	1
유기인화합물	100	20
비소	145	29
납	1,100	220
PCB-28	0.15	0.05
PCB-52	0.15	0.05
PCB-101	0.15	0.05
PCB-118	0.15	0.05
PCB-138	0.15	0.05
PCB-188	0.15	0.05
나프탈렌	4	0.8
페난트렌	5	1
안트라센	4	0.8
벤조(a)피렌	4.5	0.9
플루오란텐	10	2.5
벤조(a)안트라센	5	1
벤조(b)플루오란텐	4	0.8

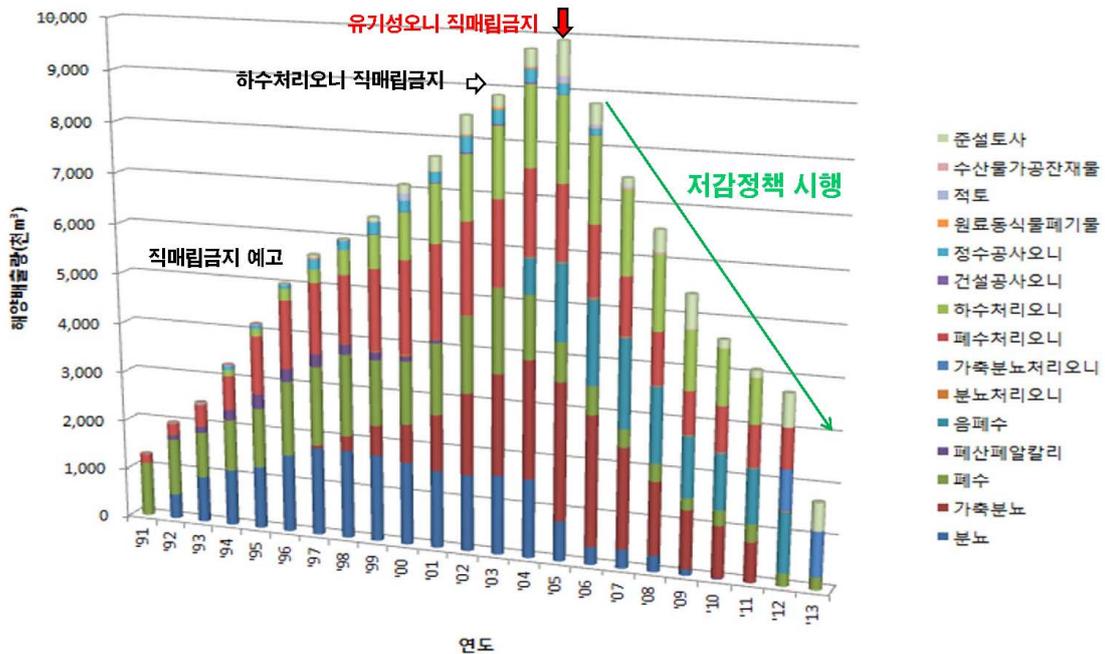
- 제1기준 초과 : 해양배출 불가
- 제1기준~제2기준 : 생물독성시험대상
- 제2기준 이하 : 해양배출 허용
- '08.08.22부터 제1기준 시행
- '11.02.22부터 제2기준 시행



독성시험생물  
- 단각류

## II

### 폐기물 해양배출 현황



'05년 해양배출량 최대(993백만m³) ⇒ '06년부터 저감정책 시행 ⇒ '13년에는 '91년 수준으로 회복

### III 해양배출 문제점 (저감정책 시행 배경)

**부유물질**

- 물리적 영향: 아가미부착 먹이섭취 중단
- 일사광의 투과깊이 감소(광합성 저해)

**고농도의 유기물(질소 등 포함)**

- 적조유발생물 대증식
- 생태계 교란(생물다양성 파괴) 고형물질 침강

**환경**

- 주변국가와의 환경분쟁
- 폐기물배출해역

**유막 형성**

- 대기/해수간 산소교환 방해

**유영생물 섭취**

- 오염물질 체내축적

**해저에 유기물, 유해물질 축적**

- 해저퇴적물내 산소고갈
- 오염내성이 강한 기회종(갯지렁이류) 우점
- 저서생물 생체내 유해물질 축적
- 이물질(머리카락등)로 인한 상품 질 하락

**오염수산물 섭취 시**

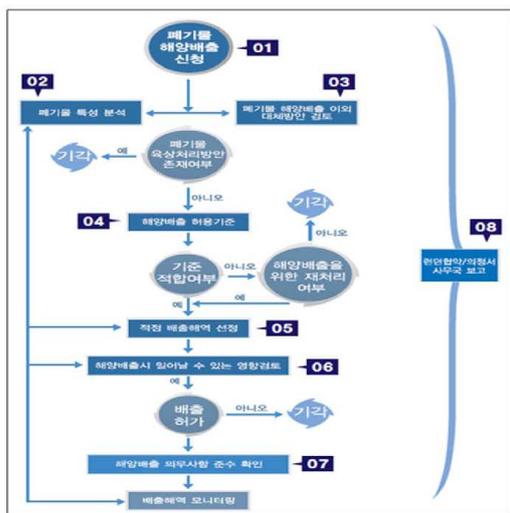
- 국민건강 위협



### IV 해양배출 제로화 정책 수립/시행

: 런던협약/의정서: **폐기물 육상처리원칙**

**해양투기 신청시 단계별 심사 요구(런던의정서 부속서 2)**



사 전 예 방

사 후 관 리

런던의정서 부속서 2의 5-6조 : **해양환경에 악영향**을 주거나, 과도한 비용 부담없이 **육상처리/처분 가능성이 있을 경우 해양투기 기각** (가능성 검토 우선순위: 감축 ⇒ 재활용 ⇒ 육지처분[매립, 소각] ⇒ 해양투기)

## 육상폐기물 해양투기 금지 추진 경과

### ✓ 육상폐기물 해양투기관리 종합대책 수립('06. 3)

- 산업폐기물(5종) → 즉시 금지

※ 건설공사오니, 정수공사오니, 하수도준설토, 적토, 폐산/폐알칼리

- 하수오니, 가축분뇨 → '12년 금지 - 입법화('11.12)

- 연간 배출 허용량 제한 명시 → '06년부터 시행

('06)900만 $m^3$  → ('08)600 → ('10)450 → ('12)250 → ('13)120

### ✓ 육상폐기물 폐수 해양배출 관련 대책회의('07. 7)

- 음폐수 → '13년 금지 - 입법화('11.12)

### ✓ 육상폐기물 해양투기 제로화 추진계획('12. 7)

- 분뇨, 분뇨오니 → '13년 금지 - 입법화('12.12)

- 산업폐수, 폐수오니 → '14년 금지 - 입법화('12.12)

※ 연착륙 대책 : 산업폐수, 폐수오니 한시적 배출 허용 → '15년까지

### ● 연도별 해양배출 총 허용목표량 설정 및 관리

- 폐기물 해양배출량은 '06년(9,900만 $m^3$ ) ⇒ '13년(1,200천 $m^3$ )

### ● 하수오니, 가축분뇨, 음폐수 해양배출 금지

- '12년1월부터(하수오니, 가축분뇨), '13년1월부터(음폐수)

### ● 배출해역 환경개선을 위한 휴식년제 도입

- 오염이 우려되는 지역은 해양배출 금지('06년부터 휴식년 시행)

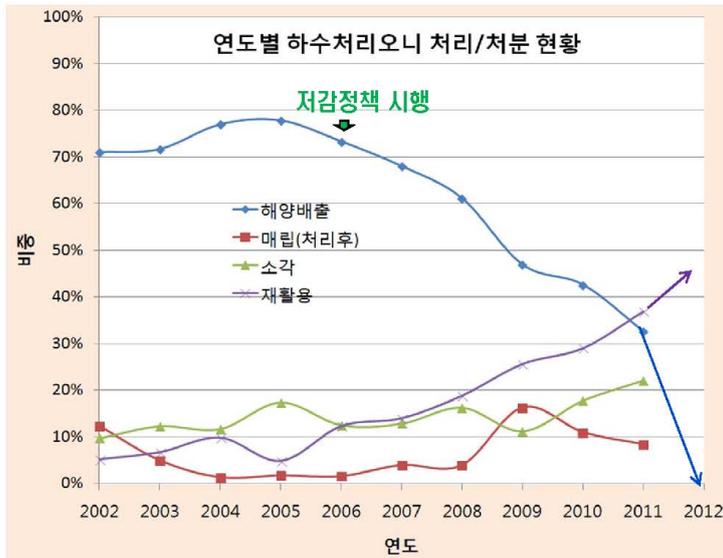
### ● 배출해역 정밀모니터링 실시

- 배출해역의 종합환경상태를 매년 조사하여 적정관리 유도

### ● 폐기물 육상처리 유도를 위한 지속적 홍보 강화

- 폐기물 육상처리에 대한 국내외 정보제공 및 홍보강화

**해양배출 저감정책 핵심 : 육상처리/처분 유도 ▶ 해양투기 감소 ▶ 해양투기 종료**



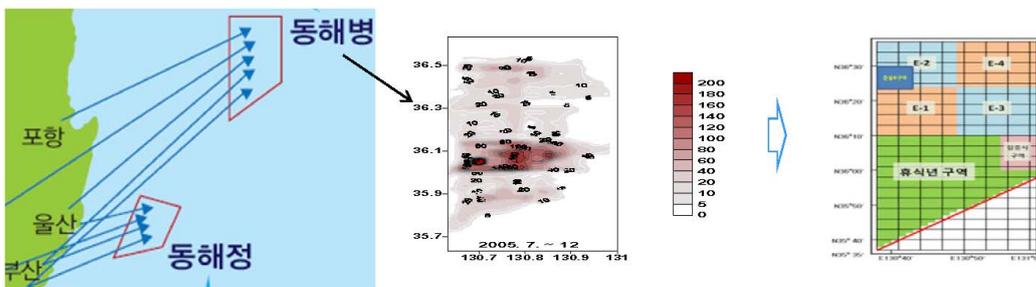
- ✓ 건설공사오니 : '06.2월부터 금지
- ✓ 정수장처리오니 : '07.1월부터 금지
- ✓ 하수처리오니 : '12.1월부터 금지
- ✓ 가축분뇨 : '12.1월부터 금지
- ✓ 분뇨(인분) : '13.1월부터 금지
- ✓ 음폐수 : '13.1월부터 금지
- ✓ 폐수 / 폐수처리오니 : '14.1월부터 원칙적 금지  
불가피성 입증해야만 2년 한시허용

- 하수처리오니 : 발생량 중 해양배출 비중은 '05년(78%) ⇒ '10년(43%) ⇒ '11년(33%) ⇒ '12년(0)
- 가축분뇨: 발생량 중 해양배출 비중은 '05년(5.9%) ⇒ '09년(2.7%) ⇒ '12년(0)
- 음폐수: 발생량 중 해양배출 비중은 '05년(85%) ⇒ '09년(42%) ⇒ '13년(0)

13

▶ **저감정책 효과** : 오염우려 해역 휴식년 시행/저감정책 이후 배출선박 투기 급감

동해병 (06년 이전과 07년 이후 비교)

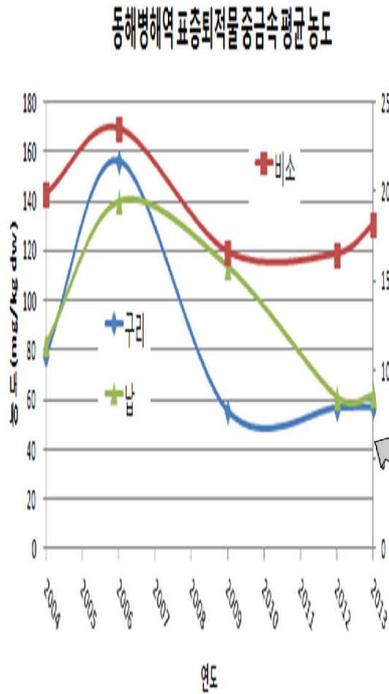


배출량 최대    저감정책시행    배출기준 강화    하수처리오니/가축분뇨금지    음폐수금지

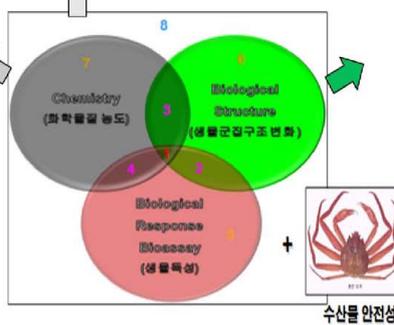
해역별 배출선박 빈도수/일	'05	'06	'08	'10	'12	'13
서해병	40척일	27척일	16척일	13척일	08척일	09척일
동해병	101척일	89척일	63척일	49척일	27척일	13척일
동해정	30척일	20척일	16척일	09척일	0	0

I - 14

▶ **저감정책 효과 : 배출해역 환경 점진적 회복**



등급	수질평가 지수값 (Water Quality Index)	배출해역 평가		
		'12년	'12년	'13년
I(매우 좋음)	23 이하			
II(좋음)	24 ~ 33	초해역		동해정
III(보통)	34 ~ 46			
IV(나쁨)	47 ~ 59			
V(아주 나쁨)	60 이상			



▼ 배출해역별 저서생물군집의 건강상태 연 변화

건강상태 등급	AMBI	동해정 AMBI			동해정 AMBI	
		'09년	'12년	'13년	'12년	'13년
정상	1	0-12				
약간오염	2	12-32			0.5-	0.5-2.6
중간오염	3	32-50	1.9-	2.8-	4.9	
심한 오염	4	50-60	6.1			
매우 심한 오염	5	60-70				

0 동해병해역 수산물 안전성 평가

- '13년 동해병해역에서 이뤄진 붉은대게의 근육 내 카드뮴(Cd), 납(Pb)의 수은(Hg) 농도는 모두 식약청 수산물 잔류허용기준을 충족함



- ✓ 동해병해역 붉은대게 조업금지 시행(2007. 8)
- ✓ 갑각류 식품기준 개선 기여  
\*갑각류(붉은대게 포함) 중 중금속(납, 카드뮴) 기준 신설 (식품의약품안전청고시 제2012-128호)
- ✓ 투기해역 서식 수산물 안전성\* 확인 지속  
\*식품의약품안전청 잔류허용기준



**잃어버린 바다를 국민에게 되돌려 주기 위한 목표 설정**

## ▶ 저감정책 효과 : 관련 제도 개선(재활용 촉진)

### 1 제도 개선 유도 ('06년 해양수산부의 해양쓰레기 저감정책 시행 이후)

#### · 폐기물관리법

- 하수슬러지를 회류발전소 석탄 대용총 연료사용량의 5% 이내에서 사용 가능케 함('09. 8/시행규칙 별표5) → 폐수슬러지에도 적용될 수 있도록 환경부에 건의 중
- 하수슬러지를 비탈면 녹화도 원료로도 사용 가능하게 함('10.1/시행규칙 별표5)
- 유기성오니, 음식물류폐기물 등을 매립시설 복도용 또는 토지개량제, 음식물류폐기물 탄화 후 흡착제, 유기성 폐기물 에너지 회수 및 혐기성 소화 등의 방법으로 신재생에너지, 시멘트 소성로 보조연료로 사용 허용('11.9); 기준 충족 시
- '11년에 "폐기물의 재활용 기준 및 구체적인 재활용 방법(별표외2)"의 신규로 제정되어 재활용을 구제함
- 음식물쓰레기 중량제 시행배출량에 따른 수수료 부과로 발생원 자체에서 폐기물 감축('13. 7/ 폐기물관리법 14조의 3 음식물류 폐기물 발생 억제 계획의 수립

#### · 하수도법(33조)

- 주택 음분분쇄기 사용 금지('95) → 시범사업 허용('09) → 인증제품 사용 허가('12/환경부 고시; 고형물 80% 이상 흡수시)

#### · 가축분뇨의관리및이용에관한법률

- 가축분뇨를 해양배출물자에게 전량 위탁시 처리시설 설치 면제 조항 삭제('09. 9)
- 가축분뇨로 만든 퇴비와 액비(물거름)에 대한 품질기준과 검사기준 도입; 가축분뇨를 자원화하기위해 생산하는 퇴비와 액비는 대통령령으로 정함('14.2.28)

#### · 비료관리법

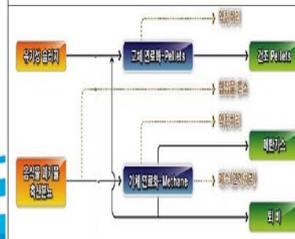
- 가축분뇨로 만든 퇴·액비를 골프장과 임야에도 사용 가능케 추가('11. 7)



· '06년부터 시행된 폐기물 해양쓰레기 저감정책은, 관련부처 제도 개선과 처분(매립, 해양투기)하는 폐기물이 아닌 자원으로써 재활용함으로써 수익 창출, 창조산업 성장촉진 등 다양한 시너지 효과 창출에 크게 기여

· 소각도 단순 소각이 아닌 유기성 폐기물(하수처리오니, 분뇨, 음식쓰레기 등)을 연료 대용으로 활용하는 추세로 전환됨

· 최근에 유기성폐기물은 발효시킨 후 발생하는 메탄가스를 전기 및 자동차 연료 등으로 활용



## ▶ 저감정책 효과 : 관련 산업계 발전(경제적 효과 및 국가경쟁력 제고)

### ● 기술 개발:

기사일련 2011.11.03 09:56 최종수정 2011.11.21 20:16

[아시아경제 조유진 기자]음식물 폐수(이하 음식물)의 해양배출이 금지되는 2013년부터 월일 3000톤 이상이 발생하는 읍면수의 처리 방법이 사라지던 여파에 걸린 가운데, 음식물을 친환경적으로 소각처리하는 기술이 개발된 음분수 육상처리의 대안으로 관련업체의 주목을 받고 있다.

(부산=연합뉴스) 민영규 기자 = AGT신한이 전자레인지 가동원리를 이용해 개발한 하수슬러지(하수오니) 연료화 기술이 국내 최초로 세계적 인증기관인 DNV인증으로부터 성능 인증을 받았다. 끈적끈적한 하수슬러지(사진 원목 아래)를 바짝 말린 후 흡수율을 측정할 결과, 불과 6.3%로 나타났다. 건조한 하수슬러지는 화력발전소 연료 등으로 쓸 수 있다. << 지방기사 참고 >> 2012.9.6

한국의 환경뉴스통신사 - KSP통신 (일련) 2013-12-05 09:26:09  
**코오롱환경, '하수슬러지 2단 건조기술, 환경신기술 인증 획득'**  
 코오롱환경서비스에 따르면, 이 기술은 하수슬러지 해양배출 금지로 인해 기존의 1단 건조설비를 대체할 수 있는 기술로 주목받고 있다.

### ● 창조산업(재활용) 성장 촉진:

2011-08-23 09:22

[뉴스핌=이은지 기자] 시노텍스가 하수와 가축분뇨의 해양 배출 금지소식에 장 초반 금등세다. 시노텍스는 23일 오전 9시 22분 현재 전일 대비 3.54% 오른 1755원을 기록 중이다.

#### 머니투데이 뉴스

머니투데이 전문기자 일련: 2013.12.24 07:53

특히 월크론한국의 친환경 폐수처리 설비인 혐기성 소화조는 해양환경관리법 시행규칙 개정으로 모든 폐기물의 해양투기가 금지되면서 더욱 각광받고 있다.

### ● 기술 수출:

대우건설은 2009년 이탈리아의 세계적인 수처리와 폐기물처리 전문업체인 테크노플루이드 사(社)와 바이오가스 열병합발전시설에 대한 기술수출협약을 체결했다. 이 계약을 통해 축분분뇨, 음식물기름 등을 이용해 가스와 전기를 생산시키는 발전플랜트 시스템인 'DBS 공법'을 수출해 최초로 친환경 에너지 관련 기술을 해외에 수출한 건설사가 됐다. 대우건설은 이를 바탕으로 현재 독일 기업들이 선점하고 있는 450억 달러 규모의 유럽 바이오가스 시장에서 10% 이상의 시장 점유율 목표로 세력내고 있다. 또한 향후 동남아시아와 세계 최대 유기성 폐기물시장인 중국으로의 기술 수출 가능성을 타진하고 있다. [dongA.com](http://dongA.com) 2011.9.22(목) 03:00 편집

### ● 수익 창출:

#### 세계일보

2011.06.07

7월 제주도에 따르면 농업회사법인인 제주주축산바이오가 제주시 한림읍 상대리에 있는 양돈 분뇨 바이오가스 플랜트에서 지난해 10월부터 5월 말까지 총 18만3477kWh의 전력을 생산했다. 제주주축산바이오는 이를 한국전력에 팔아 2278만원의 수입을 올렸다.

### ● 지구온난화 저감 기여(탄소배출권 확보):

#### 파이낸셜뉴스

기사일련 2011-01-18 09:01

최대한 환경복지국장은 "앞으로 20여년간 매년 30만~40만톤의 탄소배출권을 확보해 연간 40억 원 정도의 수입이 예상된다"며 "매립가스 자원화사업으로 축적된 기술과 노하우를 토대로 음식물 쓰레기 바이오가스화 사업, 폐기물 에너지화(ROF)사업, 하수슬러지 바이오가스 사업 등을 확대, 대구를 저탄소 녹색성장 선도도시로 조성하는 데 기여할 것"이라고 말했다.

# 1 폐수 및 폐수오니 한시적 해양배출 허용기준 배경

## A '14년부터 폐수/폐수처리오니 해양배출 전면 금지 추진

## B 산업계의 폐수·폐수처리오니 육상처리시설/제도 미비 반발

### □ 폐수의 경우

- 당해 지역내 정화처리업체가 없거나(강원, 충북, 전남), 일부 지자체에서 폐수정화시설 수용량 부족 등
- **고연분**, **고유기성** 폐수의 경우 정화처리 곤란

### □ 폐수오니의 경우

- **매립** : 수분함량 75%이하인 오니에 한해 관리형매립지에 매립 가능
- 16개 광역시도 중 5개 지자체에만 관리형매립지가 존재하고 대부분 업체의 탈수능력은 수분함량 80% 이상으로 매립조건 불충족
- **소각** : 일부 지자체의 경우 폐수오니 위탁량이 소각업체 수용량 초과
- **재활용** : 「비료관리법」 「비료공정규격」 상 퇴비 활용이 제한적이며, 「폐기물관리법 시행규칙」의 연료가능 원료에 폐수오니 제외

### 한시허용 적용 원칙

#### ✓ 해양배출 불가피성 입증 원칙

- 육상처리/처분업체 확인서 제출
- 육상처리/처분업체 홈페이지에 10일 이상 공고



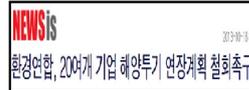
#### 불가피성 입증 업체에 한해

#### ✓ 해양배출 최소화 원칙(조기 육상처리 전환)

- 불가피성이 입증된 업체가 빠른 시일내에 육상처리 전환하도록 배출 허용량을 차등 허용

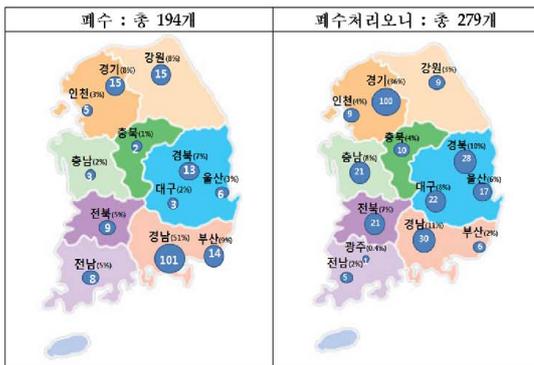
육상전환시기	'14년 배출 허용량
14년 이내	위탁량기준의 80% 미만
15년 4월 이내	위탁량기준의 70% 미만
15년 8월 이내	위탁량기준의 65% 미만
15년 12월 이내	위탁량기준의 60% 미만

※ '위탁량기준'은 '한시적 해양배출 인정기준' 공고일 기준 최근 1년간 해양배출 위탁량으로 한다. (단, 최근 해양배출 위탁량을 고의적으로 증가시킨 것이 확인된 경우 고의적 증가량의 2배를 차감한 '위탁량기준'을 배출허용량 산정기준으로 한다.)

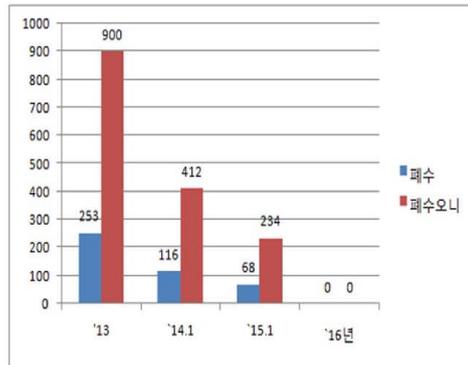


## ▶ 한시허용 신청관련 진행상황 분석

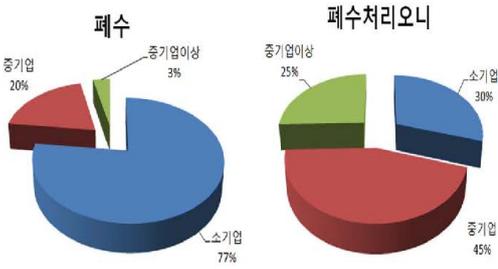
### ✓ 한시허용 신청업체 현황 비교(13년 846개→14년 473개)



### ✓ 한시허용 신청량 비교



### ✓ 한시허용 신청업체 규모별 비교



### ○ 한시적 허용 기준 도입 성과 분석

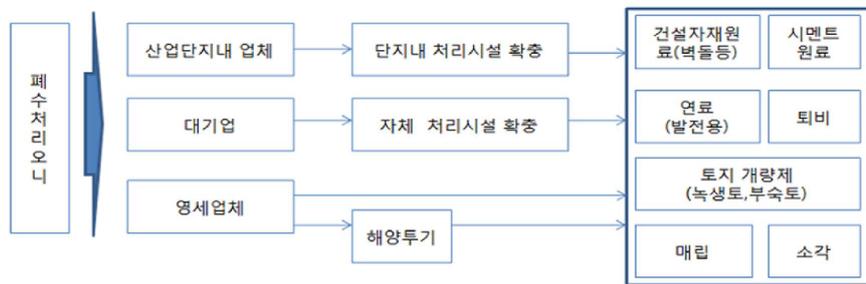
- '14년 폐수 및 폐수처리오니의 해양배출 한시적 허용 신청 접수 결과, '13년 해양배출 위탁신청업체 수 대비 42.7% 감소함.
- 한시적 기준을 충족한 업체의 폐수 및 폐수처리오니 해양배출 신청량 또한 '13년 해양배출량(116만m³)에 비해 55%가 감소한 63.2만m³로 나타남.

➤ 폐수/폐수처리오니 해양배출 제로화 방향

<폐수>



<폐수처리오니>



향후 해양배출 정책제도 방향

➤ 폐수/폐수처리오니 해양배출 제로화 정책 **불변**

원칙적으로 폐수오니 해양배출은 **해양환경관리법 개정**에 의해 '14년 **1월부터 금지**된 것임

(육상전환 불가능 및 '16년 이전 해양배출 종료 **인증업체**에 한해서 **최대 2년** **한시허용**).

➤ 따라서 16년 1월부터 폐수오니 해양배출 **전면 금지**

- 해양투기 업체는 **육상처리 전환 방법** 강구 및 **전환 노력 필요**



**『시멘트 소성로』를 활용한  
안정적인 하·폐수슬러지 처리 방안**

---

---

천 필 찬

리파즈한라시멘트



# 시멘트소성로를 활용한 안정적인 하수슬러지 처리방안

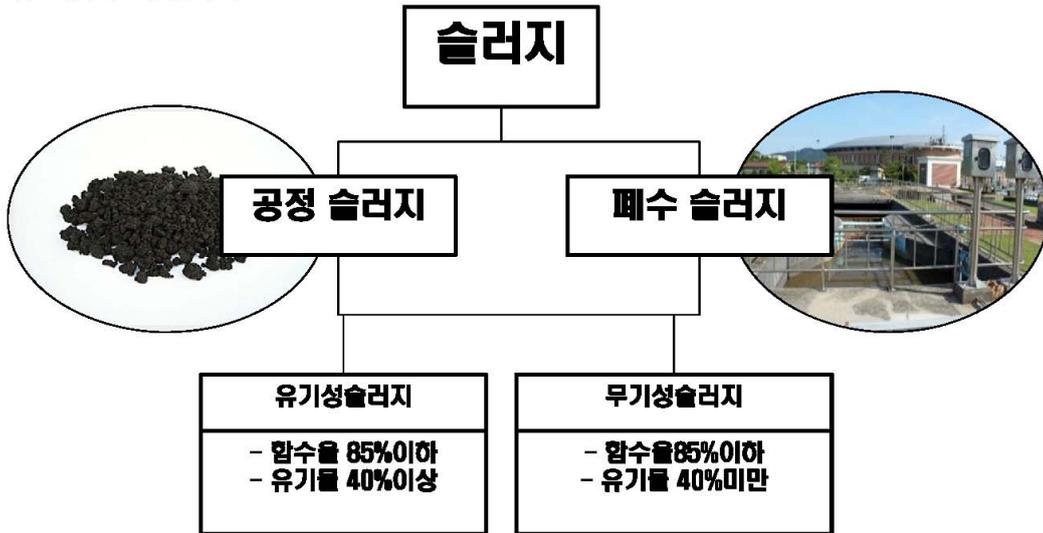
2014.9.16

## 내 용

- ✓ 슬러지의 정의 및 분류
- ✓ 하수 슬러지 발생 및 처리현황
- ✓ 향후 슬러지 발생량 증가요인
- ✓ 하수 슬러지 처리단가 변동추이
- ✓ 슬러지 처리단가 현황
- ✓ 환경부 하수슬러지 처리정책방향
- ✓ 사업추진배경
- ✓ 시멘트사 하수슬러지 처리현황
- ✓ 해외시멘트공장 하수슬러지 재활용 사례
- ✓ 슬러지를 이용한 슬러지처리 특성
- ✓ 하수슬러지 처리 경제성 분석
- ✓ 성신양회 슬러지 투입처리공사
- ✓ 현행처리방식의 문제유형별 개선방안

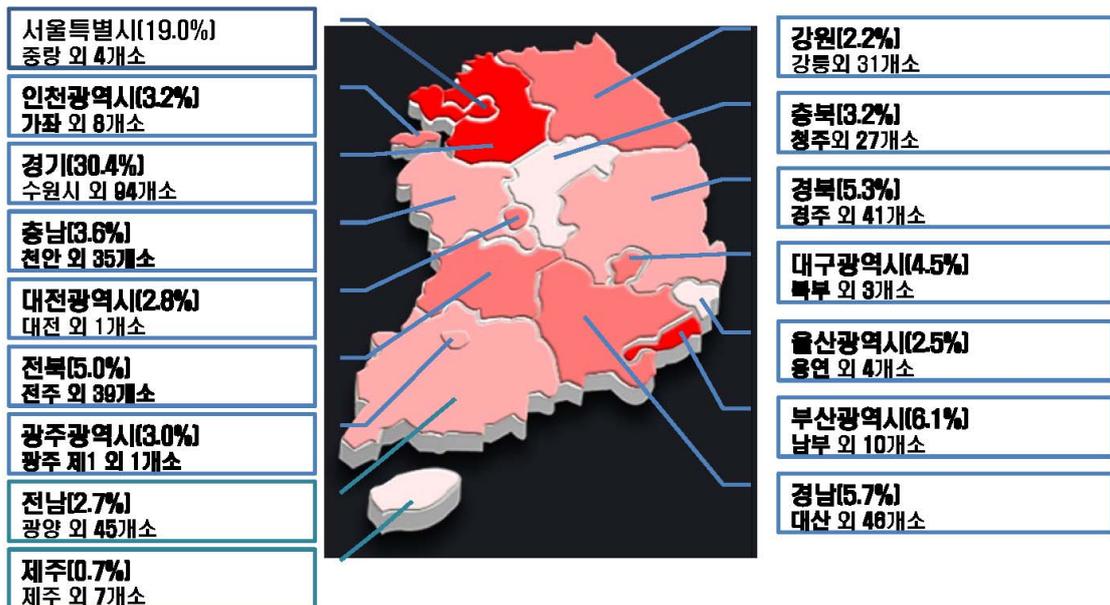
## 슬러지의 정의 및 종류

상수,공업용수,산업용 폐수,하수 및 분뇨의 수처리 과정에서 발생하는 최종산물

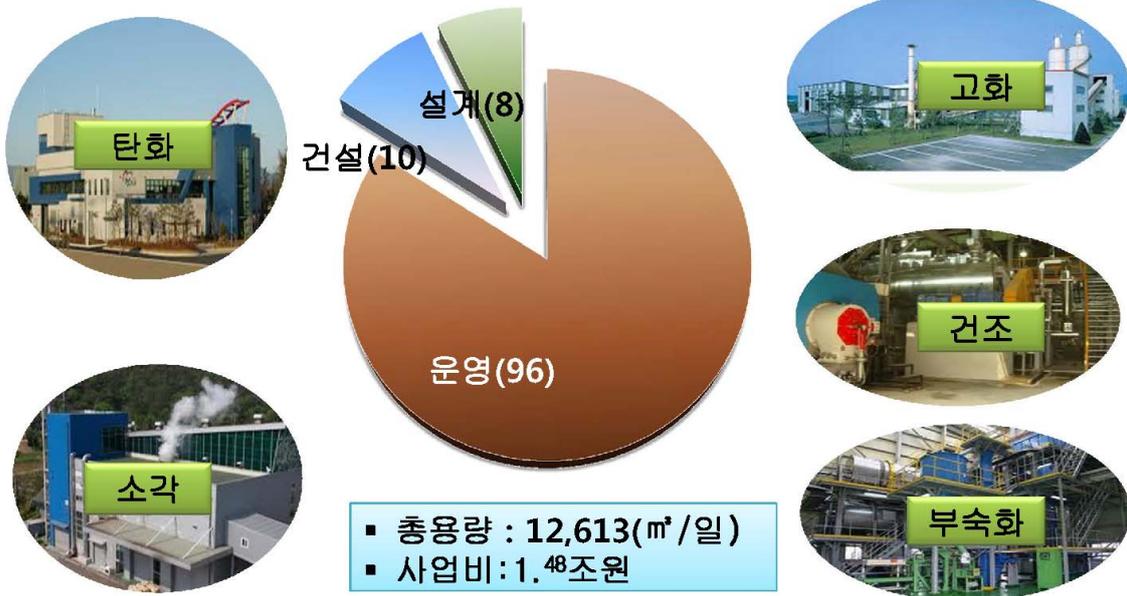


## 하수슬러지 발생 및 처리현황

전국 412개소의 하수종말처리장 운영중



## 98개 지자체 114개 하수처리시설 운영 및 건설 중



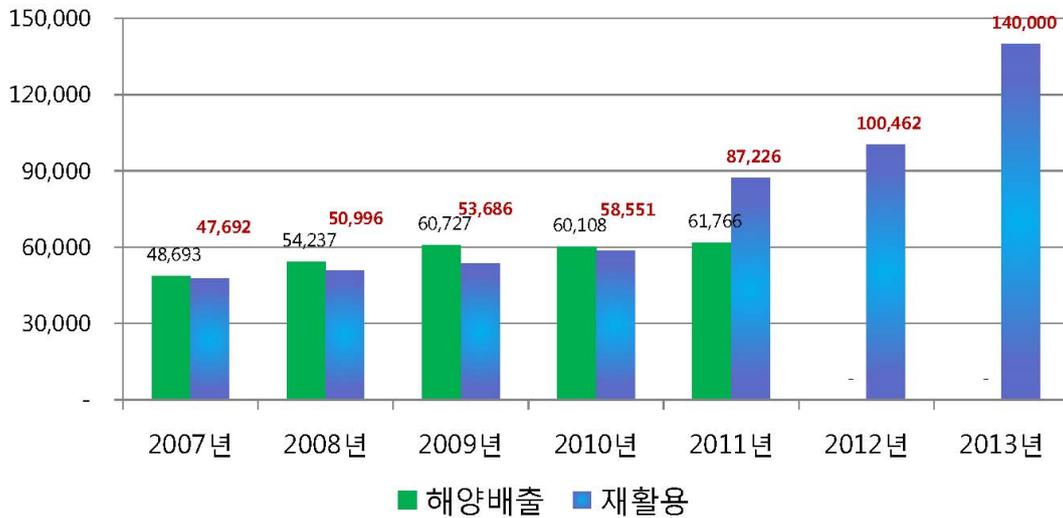
5

## 향후 슬러지 처리물량 증가 요인

- 처리시설 노후화로 인한 보수증가와 이에 따른 처리물량 증가
- 폐수 슬러지 해양배출 쿼터제한에 따른 육상처리물량 증가
- 환경규제강화로 법적 조건에 미달하는 처리방법 및 업체 축소
- 총인시설 및 하수관거 정비에 따른 슬러지량 증가

6

## 하수슬러지 처리단가 변동 추이



※ 충남 "C" 환경사업소 기초금액(부가세, 운반비포함) 기준임

- 자료출처 : 조달청 사이트 "나라장터" www.g2b.go.kr

7

## 하수슬러지 처리단가 현황

발생지역	처리지역	처리방법	단 가 (운반비포함/부가세별도)
경기	충북	매 립	105,000
경기	강원.충청	재활용(지렁이)	75,000
		재활용(녹생토)	90,000
경기	충북	재활용(시멘트)	101,000
경기	인천	재활용(지렁이)	110,000
경기	경기	재활용(건조)	135,000
경기	경기	매 립	110,000
경기	경기	재활용(지렁이)	120,000
경기	충북	재활용(시멘트)	105,000
경기	강원	재활용(시멘트)	105,000
경남	충북	재활용(시멘트)	96,000

✓ 단가: 건조>매립>시멘트, 녹생토>지렁이

8

## 환경부 하수슬러지 처리 정책 방향

### 1. 기본목표 : 2011년말까지 하수슬러지 처리설비 완비

방법/년도	2007년	2011년 예상	2011년 실적
해양배출	68.5%	0%	32.6%
재활용	18.5%	69.5%	25.9%
소각	11%	29%	22.2%
매립	2%	1.5%	8.4%

※ 2011년 해양투기 : 887천톤(국토해양부 자료)

### 2. 추진방향 : 처리방법의 다양화

✓ 지역특성에 적합한 재활용 방법 채택

- 매립지 인근지역은 고화 처리하여 복토재 활용
- 소량발생 및 농촌지역은 퇴비화
- 생활폐기물소각장에 여유가 있는 지자체는 혼합소각(전용소각시설은 가급적 지양)
- **시멘트회사 인근지역은 시멘트 원료화**

※ 자료출처 : 환경부 “하수슬러지 종합대책(2008)”

9

## 시멘트사 하수슬러지 처리 설비 현황

회 사	저장설비	처리능력(톤/년)	투입가능설비	비 고
S사(영월)	90톤×1기	13,000	3/3	
L사	30톤×1기 70톤×1기 250톤×1기	73,000	4/4	
H사	100톤×1기 300톤×1기	190,000	6/6	
S사	100톤×1기 150톤×1기	140,000	4/5	
A사	150톤×1기	40,000	2/3	· 2014년 설비투자 계획
총 계		456,000		

✓ 처리능력 = 330일 가동기준(Full capacity의 80%적용)

✓ 투입가능설비 = 투입가능KILN/전체보유KILN

10

## 시멘트사 하수슬러지 처리 실적 및 계획

회 사	2011년	2012년	2013년[E]	2014년	비 고
S사	14,800	15,000	12,200	12,000	
L사	15,450	21,760	55,000	56,000	
H사	21,796	61,366	120,000	150,000	
S사	-	-	10,000	80,000	
A사	-	-	-	10,000	- 2014년 설비 가동시
총 계	52,226	98,126	197,200	308,000	- 56% 증가 vs 2013년

11

## 시멘트사별 소성로 보유현황 및 처리가능량(예상)

회 사	소성로 보유(기)	클링커생산능력(천톤/년)		하수슬러지 처리여부	처리예상 가능량(톤/년)	비 고
		설계	실적 (2012년)			
S사	A공장	7	11,088	×	210,000	✓ 각 사의 설비특성과 정책에 따라 처리 가능량 차이발생
	B공장	5	3,537			
S사	6	9,438	5,380	○	130,000	
D사	7	9,068	8,425	×	130,000	
H사	6	7,164	5,267	○	130,000	
H사	A공장	2	3,960	×	65,000	
	B공장	4	2,904			
L사	4	6,808	5,059	○	73,000	
A사	4	4,509	2,802	△	43,000	
합 계	45	58,478	44,504		781,000	

12

## 해외시멘트공장 하수슬러지 재활용 사례

### 1. 일본

회사명	시멘트생산능력 [천톤/년]	KILN 보유대수	하수 슬러지 사용량(톤/년)	투입방식	비고
태평양 시멘트	15,488	12	224,000	KILN직투입	

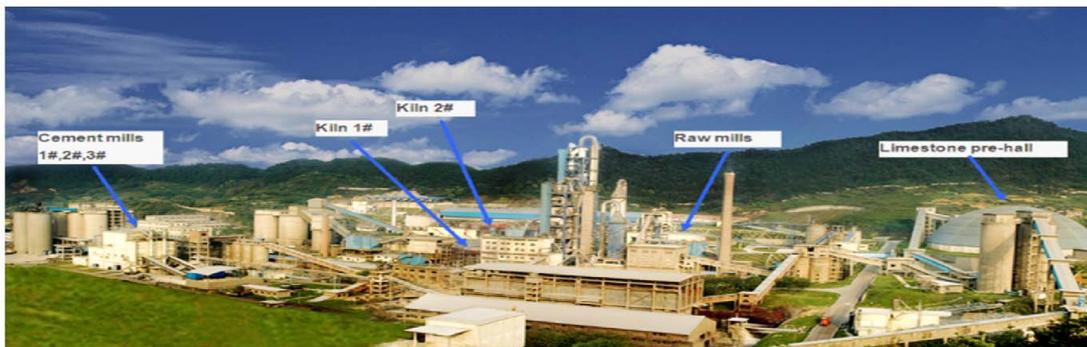


13

## 해외시멘트공장 하수슬러지 재활용 사례

### 2. 중국

회사명	시멘트생산능력 [천톤/년]	KILN 보유대수	하수 슬러지 사용량(톤/년)	투입방식	비고
Nanshan Plant	2,250	2	36,000	KILN직투입	



14

## 시멘트 소성로를 이용한 하수슬러지 처리 장,단점

### 1. 장 점



#### ◎ 친환경적 처리

- 완전밀폐 처리로 잔존 오염발생 없음
- 고온의 소성로(1,450°C)에 직접투입 함으로 유해물질 완전분해



#### ◎ 안정적인 처리

- 소성로 365일 가동으로 연중무휴 반입가능
- 24시간 가동으로 반입시간에 구애받지 않음
- 기상상태와 무관하게 처리가능



#### ◎ 대량처리

- 일 최대 400톤 이상 처리가능

15

## 시멘트 소성로를 이용한 하수슬러지 처리 장,단점

### 2. 단 점



#### ◎ 설비와 연동투입

- 소성설비고장 시 처리지연



#### ◎ 보관용량

- 슬러지 저장용량이 적어 비상시 대처능력 약함



#### ◎ 운반거리

- 대량 배출처와의 거리가 150km이상으로 운반비용 大
- 운반차량의 운행과 관련하여 안전,환경사고 우려

16

## 하수슬러지 처리 경제성 분석

### 설비투자 비용 측면

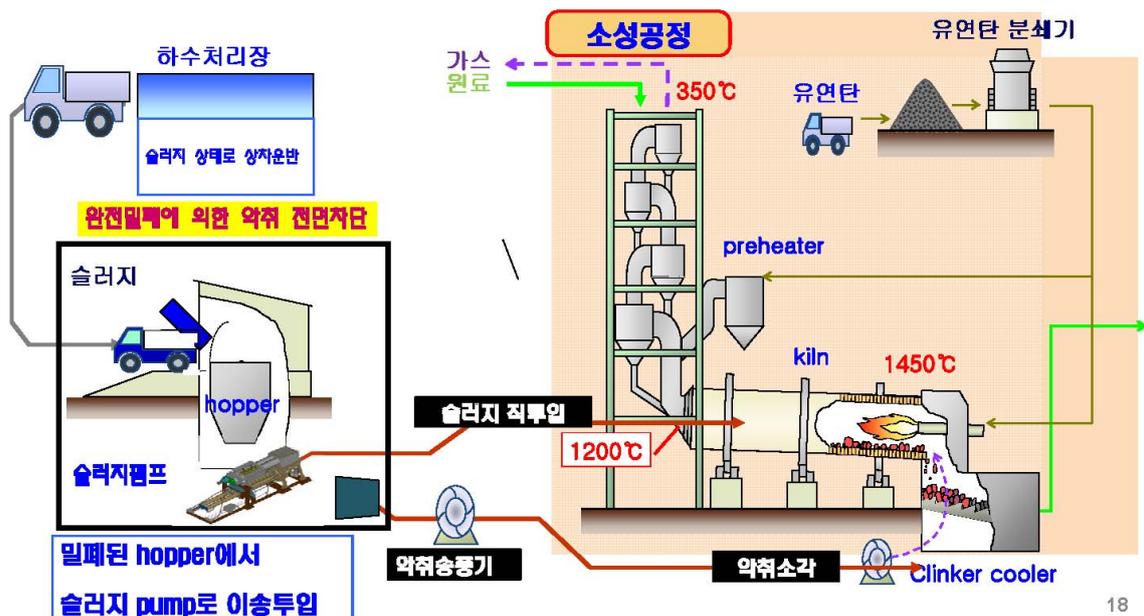
처리방법	적용 지자체	처리용량(톤/일)		투자비용		가동일	비 고
		설계	실제	전체(억원)	백만원/톤		
고 화	수도권1단계	1,000	234	428	42.8 [182.7]	2008.12	
건 조	S시	450	295	294	65.4 [99.8]	2009.12	
소 각	B시	300	252	334	111.5 [132.5]	2007.10	
탄 화	K시	100	77	135	135.4 [175.4]	2008.8	
부속화	C군	50	19	109	217.9 [588.7]	2009.8	
시멘트	S사	340	220	62	18.2 [28.2]	2013.10	

✓ 자료연용 : 환경부 생활하수과 "하수 슬러지 최적처리기술 연구"

17

## 하수슬러지 투입설비

### 슬러지 투입 공정 flow



18

## 현행 슬러지 처리유형별 문제점 개선방안

### 1. 배출처 의 슬러지 입고량의 급격한 변동

#### 원인

- 자체 하수처리시설의 보수 시 급격한 물량증가
- 처리단가 순으로 처리우선순위 설정
- 계절적인 요인에 의한 처리량 증감 편차 심함

#### 해결 방안

- 시멘트사와 지자체간 협의를 통해 지자체 처리시설 보수 스케줄 분산
- 계약 시 지자체는 적정처리량을 보장하고 시멘트사는 인센티브 제공
- 슬러지 발생량 감소시점과 소성로 보수일정 연계

19

## 현행 슬러지 처리유형별 문제점 개선방안

### 2. 시멘트사의 처리지연

#### 원인

- 시멘트 소성설비의 돌발고장

#### 해결 방안

- 보수기간에 반입되는 보관시설 확충(최소3-5일분)
- 돌발고장을 최소화하기 위한 예방정비(PM) 강화
- 유사권역의 재위탁 허용을 위한 법규 개정

20

『시멘트 소성로』를 활용한  
하·폐수슬러지 재활용 및  
일본의 재활용 사례

---

박종광  
쌍용양회



# 『시멘트 소성로』를 활용한 하·폐수슬러지 재활용 및 일본의 재활용 사례

2014년 9월 16일

쌍용양회공업(주)

# 『시멘트 소성로』를 활용한 하·폐수슬러지 재활용(1)

지원순환사회 시멘트산업이 앞장서겠습니다!

## 「시멘트 소성로」를 활용한 하·폐수슬러지 재활용

Waste recycling methods utilizing cement kilns

한국시멘트협회  
KOREA CEMENT ASSOCIATION



'16년부터 해양배출 전면금지  
모든 폐기물 육상처리시설에서 처리 필수

해양배출 규제 현황

- '06. 3: 런던협약 의정서 발효(원칙적으로 모든 물질의 해양배출 금지)
- '08~'11: 매년 단계적으로 10~25%씩 폐기물 해양배출량 감소 진행 노력
- '09. 1: 우리나라 런던협약 의정서 가입
- '12. 1: 가축분뇨, 하수슬러지 해양배출 금지
- '13. 1: 분뇨, 음식물폐수 해양배출 금지
- '14. 1: 폐수, 폐수슬러지, 분뇨, 음식물폐수 해양배출 금지
- \* '15년 12월까지 임시적 허용(육상처리 전환시기)에 따라 차등 허용

육상전환시기	'14년 배출허용량	
	해양배출량	육상처리량
14년 이내	위탁량 80% 미만	위탁량 20% 이상
15년 4월 이내	위탁량 70% 미만	위탁량 30% 이상
15년 8월 이내	위탁량 65% 미만	위탁량 35% 이상
15년 12월 이내	위탁량 60% 미만	위탁량 40% 이상

시멘트사 사업장 현황

사업장	주소	전화번호
황금시멘트	상북 강원도 삼척시 동양길 20	033-571-7347
강원	봉화 강원도 봉화시 호서로 246	02-2270-5905
	영월 강원도 영월군 한밭로 88	
	원주시멘트 강원도 원주군 한밭로 57	033-370-5573
리브스원리시멘트	강릉 강원도 강릉시 옥계로 산계길 225	02-6902-3271
한일시멘트	단양 충청북도 단양군 마로길 245	043-420-5316
현대시멘트	단양 충청북도 단양군 마로길 85	033-370-5573
이재시멘트	지천 충북 제천시 송학면 송학산로 14	043-649-5461
성산정회	단양 충청북도 단양군 마로길 18	043-420-4572

시멘트사 하·폐수슬러지 재활용 시설 현황



SsangYong Cement Industrial Co.

### 해양배출 금지 → 육상처리비용 증가

### 최적의 폐기물 재활용 시설 「시멘트 소성로」

#### 하수슬러지 처리 현황 (단위: 천톤)

- 해양배출 (Marine Discharge)
- 재활용 (Recycling)
- 육상처리 (Land Treatment)
- 연료화 (Incineration)

※ 자료출처: 환경부 환경통계포털

#### 하수슬러지 처리단가 변동추이 (단위: 천원)

※ 자료출처: 조달청 「나라경리」 (출처: 'C' 행정시업소 기초급액)

#### 시멘트산업 폐기를 재활용

- 업종: 폐기물 종합 재활용업
- 재활용 시설: 「시멘트 소성로」
- 재활용 용도:
  - 부 일 료: 하·폐수슬러지, 석탄재, 폐주물사 등
  - 보조연료: 폐Tire, 폐합성수지, 폐목재 등

#### 「시멘트 소성로」 하·폐수슬러지 재활용

- 용도: 시멘트 부원료(점토) 대체
- 방법:
  - 완전 밀폐된 슬러지 저장 호수에 보관 후 유입필름을 통하여 소성로 입구 (1,000°C)에 투입
  - 소성로 내에서 원료와 혼합되어 시멘트 제품화

#### 하·폐수슬러지 재활용 공정

하·폐수처리장 → 운송 → 슬러지 저장 호퍼 → 슬러지 → 유입필름 → 소성로

《슬러지 투입》

소성로에서 원료와 슬러지가 혼합되어 시멘트 제품화(재활용)

2,000°C의 고온에서 막워 및 유해물질 완전 분해  
ex) 소각로: 850°C, 고온열분해: 1,100°C

시멘트



▶ 『시멘트 소성로』 재활용 우수성



**친환경적 처리**  
 · 원전밀폐 처리로 잔존 오염발생 없음  
 · 고온의 소성로(2,000℃)에 직접투입 함으로  
 유해물질 완전분해

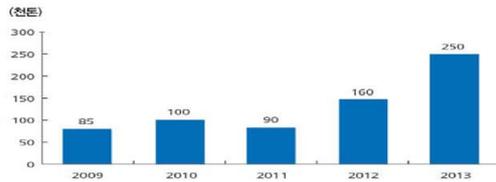


**안정적인 처리**  
 · 소성로 365일 가동으로 연중무휴 반입가능  
 · 24시간 가동으로 반입시간에 구애받지 않음  
 · 기상조건과 무관하게 처리가능



**대량 처리**  
 · 사업장 일 최대 500톤 처리가능

▶ 『시멘트 소성로』 하·폐수슬러지 재활용 추이



세상은 언제나 아이들의 것입니다.  
 우리 아이들에게 깨끗한 환경,  
 편리하고 안전한 미래를 물려 주기 위해  
 시멘트는 자연과 하나가 되겠습니다.  
 사람과, 자연과, 미래를 이어주는 일,  
 시멘트는 자연에서 왔기에  
 그 길을 힘차게 걸어하겠습니다.

한국시멘트협회  
 KOREA CEMENT ASSOCIATION



SsangYong Cement Industrial Co.

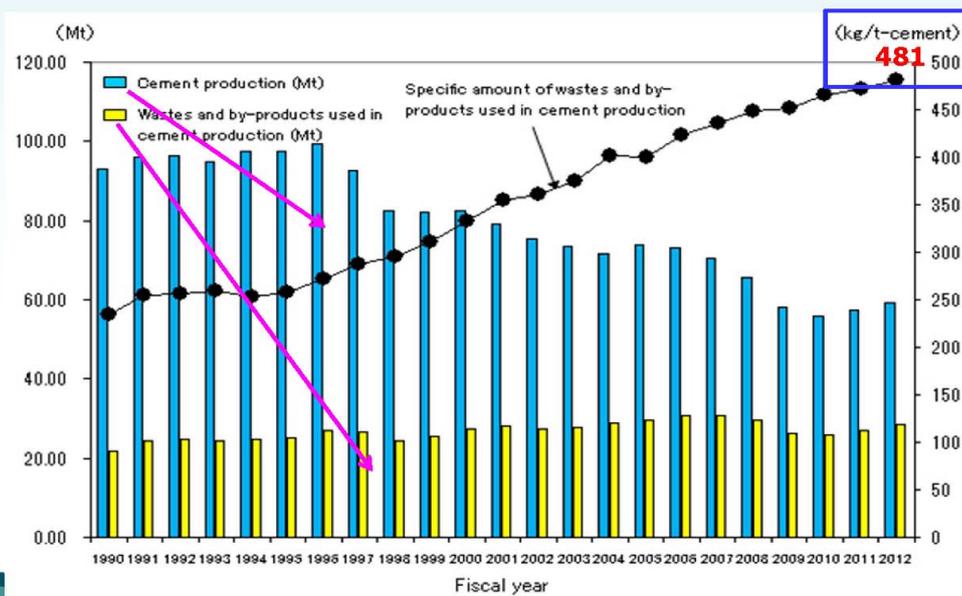
# 『시멘트 소성로』를 활용한 일본의 하수오니 재활용 사례(2)

## = 목 차 =

1. 일본 시멘트업계의 순환자원 사용현황
2. 하수오니 발생 · 처리 및 향후 이용계획
3. 일본 시멘트 생산량 및 하수(탈수)오니 처리량
4. 하수오니의 시멘트 재활용 방법 및 특징
5. 결론 및 국내시멘트업계 현황

## 1. 일본 시멘트업계의 순환자원 사용현황

● 일본의 시멘트 생산량, 순환자원 사용량, 사용원단위



# 1.일본 시멘트업계의 순환자원 사용현황

(천톤/년)

종류	용도	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년
고로슬래그	원료,혼합재	9,711	9,304	8,734	7,647	7,408	8,082	8,485
석탄회	원료,혼합재	6,995	7,256	7,149	6,789	6,631	6,703	6,870
<b>오니</b>	<b>원료</b>	<b>2,965</b>	<b>3,175</b>	<b>3,038</b>	<b>2,621</b>	<b>2,627</b>	<b>2,673</b>	<b>2,987</b>
부산석고	원료(첨가재)	2,787	2,636	2,461	2,090	2,037	2,158	2,286
건설발생토	원료	2,589	2,643	2,779	2,194	1,934	1,946	2,011
더스트	원료,연료	982	1,173	1,225	1,124	1,307	1,394	1,505
비철광재등	원료	1,098	1,028	863	817	682	675	724
목재	원료,연료	372	319	405	505	574	586	633
주물사	원료	650	610	559	429	517	526	492
폐합성수지	연료	365	408	427	440	418	438	432
제강슬래그	원료	633	549	480	348	400	446	410

# 1.일본 시멘트업계의 순환자원 사용현황

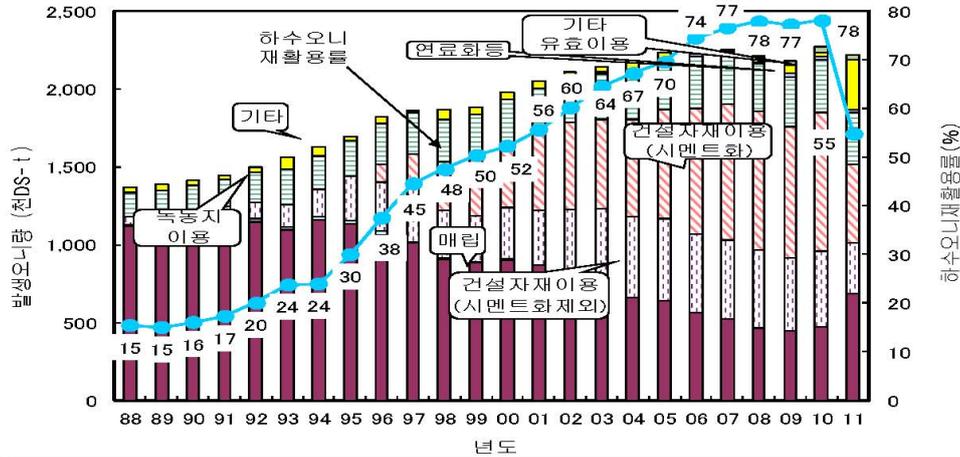
(천톤/년)

종류	용도	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년
폐유	연료	225	200	220	192	275	264	273
폐백토	원료,연료	213	200	225	204	238	246	253
재생유	연료	249	279	188	204	195	192	189
페타이어	원료,연료	163	148	128	103	89	73	71
육골분	원료,연료	74	71	59	65	68	64	65
저질석탄	원료,연료	203	155	0	0	0	0	0
기타	-	615	565	527	518	595	606	835
합계	-	<b>30,890</b>	<b>30,720</b>	<b>29,467</b>	<b>26,291</b>	<b>25,995</b>	<b>27,073</b>	<b>28,523</b>
시멘트 1t당 사용량 (kg/t)		<b>423</b>	<b>436</b>	<b>448</b>	<b>451</b>	<b>465</b>	<b>471</b>	<b>481</b>

☞ 일본의 시멘트 1톤당 순환자원 사용량은 한국 보다 높은 수준임  
(한국의 시멘트 1톤당 사용량 : 362kg/t-cement)

## 2. 하수오니 발생/처리 및 향후 이용계획

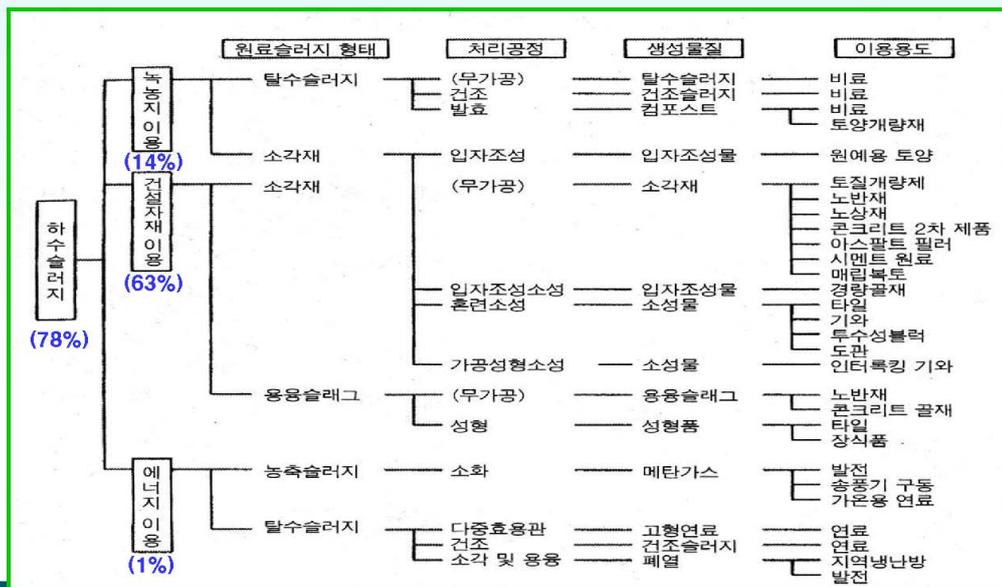
### 1) 하수오니 발생 및 처리현황



- 하수오니 발생량은 약 230만톤-dry/년 이며, 건설자재, 녹농지, 고형연료화 등으로 재활용하고 있음.
- 일본의 재활용률은 '10년 기준 78%로 상당히 높은 수준이며, 이 중 시멘트 재활용이 매우 중요한 위치를 차지하고 있음.

## 2. 하수오니 발생/처리 및 향후 이용계획

### 2) 하수오니의 재활용 방안



## 2. 하수오니 발생/처리 및 향후 이용계획

### 3) 2030년까지 하수오니 이용계획

용도	현황 (%)	계획A (광역·연료화우선)	계획B (지역·원료화우선)
녹농지이용	14.5	10%	20%
<b>건설자재(시멘트)</b>	<b>38.5</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>
건설자재(시멘트외)	22.7	25%	25%
<b>연료화</b>	0.7	<b>35%</b>	15%
매립	23.2	5%	10%(인회수)
기타	0.5	-	-

☞ 2008년 기준 시멘트화를 중심으로 한 건설자재 이용이 가장 높은 수준이나, 시멘트 생산량 감소 등 사용확대 한계로 향후, 건조 및 탄화 등 다양한 연료화 추진에 우선순위를 두고 있음

## 2. 하수오니 발생/처리 및 향후 이용계획

### 4) 2030년까지 하수오니 처리방식

처리방식	현황(%)	유효이용	계획A (광역·연료화우선)	계획B (지역·원료화우선)
소각	54.1	매립, 건재화 (시멘트, 기타)	35	40
<b>탄화</b>	0.3	전량 연료화	<b>30</b>	10
<b>건조</b>	5.6	연료화, 일부 녹농지	<b>8</b>	10
탈수	40	시멘트화, 녹농지	27	40

☞ 처리방식에서는 2030년까지 소각 비중을 줄이고 석탄화력발전소의 대체 연료화를 위한 탄화 및 건조 비중을 증가할 것으로 나타남

### 3.일본 시멘트 생산량 및 하수(탈수)오니 처리량

#### ● 시멘트사 현황 및 생산량

(단위:개,천톤/년)

연도	회사수	공장수	킬른수	생산능력	생산량
2007	18	32	57	69,783	67,267
2008	18	32	57	68,134	62,358
2009	18	32	57	63,441	54,430
2010	18	32	57	61,477	51,165
2011	17	31	54	55,826	50,978

- ☞ '11년 시멘트 생산량은 지진발생과 건설투자확대로 시멘트 판매 여건이 개선되어 '10년과 비슷한 수준의 생산량을 유지함 ('11년 한국의 시멘트 생산량 : 48,249천톤/년)
- ☞ 전체 생산량중 국내소비는 81%, 수출은 19% 수준임

### 3.일본 시멘트 생산량 및 하수(탈수)오니 처리량

#### ● 태평양시멘트('13년)

(톤/년)

	시멘트 생산량	하수오니처리량
가미소공장	3,798,574	12,090
오후나토공장	1,911,132	14,076
구마가야공장	1,880,597	50,025
사이타마공장	1,482,654	47,310
후지와라공장	1,901,413	74,918
오이타공장	4,513,270	25,620
계	15,487,640	224,039
사용원단위 (kg/t-Ce')		14.5

#### ● 미쓰비시머티리얼('12년)

(톤/년)

	시멘트 생산량	하수오니처리량
규슈외 4개 공장	9,350,000	200,000
사용원단위 (kg/t-Ce')		21.4

- ☞ 공장별 생산능력 대비 감산율이 높을수록 하수오니 사용 원단위는 증가
- ☞ 일본 시멘트 업계의 하수(탈수)오니 사용량은 약 90~120만톤으로 추정 (태평양시멘트,미쓰비시머티리얼의 하수오니 사용량 및 시멘트 생산량 기준임)

## 4.하수오니의 시멘트 재활용 방법 및 특징

### 1) 시멘트 재활용 방법 및 특징

	투자주체	투자비	특징
킬른직투입	시멘트	小	-.처리공정이 간단함 -.하수관거 청소물량도 처리가능 (금속 등의 이물질 제외시) -.사용제한 및 에너지손실이 큼
수퍼라임 (생석회혼합)	지자체	大	-.하수오니 전량 유효이용(건조비용절감) -.장기안정적 처리 가능 -.투자비 및 운영비 과다
건조 후 투입	시멘트	小	-.공정능력 극복(시멘트 공정내 폐열 활용) -.직투입 대비 추가사용 가능
건조오니 (소각재포함)	지자체	大	-.사용이 용이 -.수요처가 다양함

## 4.하수오니의 시멘트 재활용 방법 및 특징

### 1) 재활용 방법 및 특징

#### ① 탈수케익의 시멘트 킬른 직접처리

: 직접 개발한 밀폐형 컨테이너를 탑재한 특수차량을 사용하여 탈수케익 상태로 시멘트공장에 반입



[하수오니 킬른 직투입 설비]

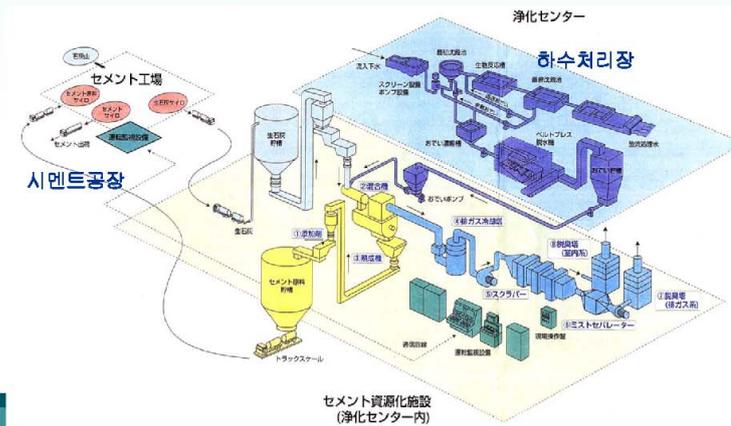
[하수오니 밀폐형 적재함 및 보관장]

## 4. 하수오니의 시멘트 재활용 방법 및 특징

### 1) 재활용 방법 및 특징

#### ② 슈퍼라임방식

: 탈수케익과 생석회를 혼합하여 수화반응 및 건조 후 시멘트자원화



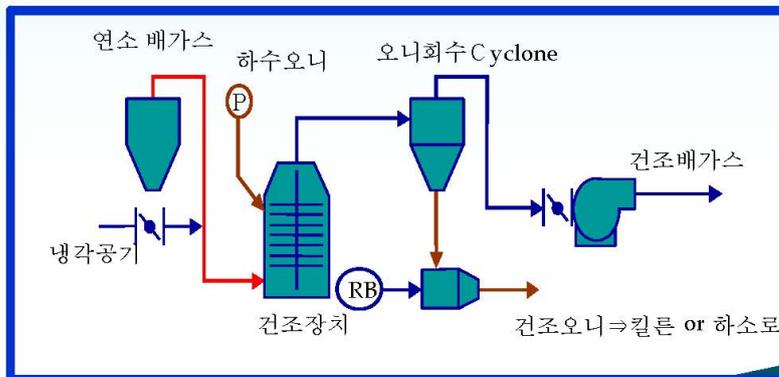
[하수오니 자원화 플랜트]

## 4. 하수오니의 시멘트 재활용 방법 및 특징

### 1) 재활용 방법 및 특징

#### ③ 사전 건조 후 투입

: 시멘트킬른 배가스를 이용한 하수오니 건조시스템



[파쇄기류 건조기의 처리공정도]

## 5. 결론 및 국내시멘트업계현황

- 1) 일본의 하수오니 재활용율은 약 78% 수준이며, 용도별로 **건설자재, 녹농지, 에너지** 등으로 이용되며, 그 중에서 **시멘트산업**이 주요한 수단으로 활용중임.  
특히, 일본의 시멘트업계는 지자체 등의 요구에 적극 호응하여 하수오니 처리량을 증대시키기 위한 노력을 지속적으로 추진중임.
- 2) 하수오니 처리의 안정성을 확보하기 위하여 **밀폐형 적재함 및 보관장** 확보는 물론 시멘트공장간 중복처리 시스템을 운영중.
- 3) 장기적으로 2030년 까지 소각 비중을 줄이고 **탄화/건조** 방식을 이용한 연료화 등으로 전환해 나갈 계획임.

## 5. 결론 및 국내시멘트업계현황

- 4) 국내 시멘트사도 하수오니의 사용 확대를 위하여 **공정 및 설비 개선**을 적극 추진 중이며, 추가 설비투자 확대를 검토중임.
- 5) 국내 시멘트산업은 하수오니를 장기·안정적으로 처리할 수 있음에도 불구하고, 시멘트 재활용에 대한 **지역주민의 인식부족**과 경제성 확보 문제(**연료비 변동, 해양투기와의 비용 차이**) 등으로 본격 사용 지연.
- 6) 국내 하·폐수오니의 처리 대안으로 **시멘트산업을** 활용하기 위해서는
  - 설비 투자 및 공정운영을 고려한 적정 처리비의 산정
  - 시멘트 공장의 설비 투자비 지원
  - 순환자원 재활용에 대한 인식전환 등 업계/지자체간 공동노력이 필요



# 하수슬러지 재활용 사례

---

---

전광일

수원시 환경사업소



# Human city SUWON

## 수원시 하수슬러지 재활용 사례



## I 기본 현황

- 시설위치
- 연 혁
- 시설현황
- 하수처리 수질현황





# 시설 위치

수원시수원  
사람이  
반갑습니다



# 연혁

수원시수원  
사람이  
반갑습니다

1981. 11. 20	위생처리장 준공		위생처리장 : 수원시 권선구 고색동 557번지
1993. 12. 31	환경사업소 설치		
1996. 12. 30	제1 하수처리장 준공		하수처리장 : 화성시 송산동 5-1번지
2005. 03. 24	제2 하수처리장 준공		
2009. 08. 24	제1하수처리 고도처리시설 준공		
2009. 12. 31	하수처리 슬러지 처리시설 준공		
2011. 10. 31	서호생태 수자원 센터 준공		



## 시설현황

수원시수원  
사람이  
반갑습니다

### 제2하수처리장

부지 219,076 m<sup>2</sup>  
 건물 9,456 m<sup>2</sup>  
 시설용량 30만 m<sup>3</sup>/일  
 탈수케익 152 ton/일  
 처리방법 4-stage BNR공법

수원시의 생활하수  
 1일 총 52만m<sup>3</sup> 처리

### 제1하수처리장

부지 168,785 m<sup>2</sup>  
 건물 12,197 m<sup>2</sup>  
 시설용량 22만 m<sup>3</sup>/일  
 탈수케익 64 ton/일  
 처리방법 TEC-BNR공법



## 기타 주요시설

수원시수원  
사람이  
반갑습니다

### 중앙감시제어시스템

- 분산제어방식
- 중앙 감시제어 시스템



### 실험실

- 공정별 수질분석 (28개항목 5개소)
  - 매일검사 : 17개 항목
  - 주간검사 : 6개 항목
  - 월간검사 : 5개 항목



### 수질원격감시시스템

- 방류구 실시간 모니터링
- 환경부 관제센터 실시간 전송





## 하수처리 과정

### 침사지 및 유입펌프장

침사지 및 유입펌프장, 주분배조, 침사지, 생물반응조, 최종침전지, 소독설비, 방류

침사지 및 유입펌프장, 최초침전지, 생물반응조, 최종침전지, 소독설비, 방류

**모래 및 부유물질 제거**



1처리장 (TEC-BNR공법)	규 모	162m <sup>2</sup> x 4지
	체류시간	30 - 60초
	체류내용	큰부유물질 제거
2처리장 (4Stage BNR공법)	규 모	306 m <sup>2</sup> x 6지
	체류시간	30 - 60초
	체류내용	큰부유물질 제거

## 하수처리 과정

### 최초 침전지

침사지 및 유입펌프장, 생물반응조, 최초침전지, 소독설비, 방류

**오염물질 침전분리**

**유기오염물질(BOD:30%, SS:50%) 제거**



1처리장 (TEC-BNR공법)	규 모	1,454m <sup>2</sup> x 16지 (원형침전지)
	체류시간	2-3시간
	체류내용	BOD, COD 30%, SS 50% 제거
2처리장 (4Stage BNR공법)	규 모	1,260m <sup>2</sup> x 24지 (장방형침전지)
	체류시간	2-4시간
	체류내용	BOD, COD 30%, SS 50% 제거

**하수처리 과정**  
생물반응조

침사지 및 유입펌프장    주분배조    생물반응조    최종침전지    소독설비    방류

**미생물을 이용한 오염물 제거 (90%이상)**

<b>1처리장</b> (TEC-BNR공법)	규 모	1,750 m <sup>2</sup> x 32지
	체류시간	4-8시간
	체류내용	호기성 미생물에 의한 유기물 제거
<b>2처리장</b> (4Stage BNR공법)	규 모	15,246 m <sup>2</sup> x 8지
	체류시간	11시간 (전부 0.5, 일기조1, 무산소3, 호기7)
	체류내용	유기물 및 질소인 제거

**하수처리 과정**  
최종침전지

침사지 및 유입펌프장    주분배조    최초침전지    생물반응조    최종침전지    소독설비    방류

**미생물 플럭(floc)과 맑은물 분리**

<b>1처리장</b> (TEC-BNR공법)	규 모	2,004 m <sup>2</sup> x 16지
	체류시간	2-3시간
	체류내용	BOD, COD 85%, SS 75%, 제거
<b>2처리장</b> (4Stage BNR공법)	규 모	3,480 m <sup>2</sup> x 24지
	체류시간	6.5-7.5시간
	체류내용	BOD, COD 85%, SS 80% 질소, 인 67% 제거



# 슬러지처리 과정

유엔사단 수원  
사람이  
반갑습니다



산 발효조	슬러지 농축조	소 화 조	탈수 및 슬러지 건조
 <ul style="list-style-type: none"> <li>연계수(고분자 → 저분자)</li> <li>유기탄소원 공급 [탈질미생물]</li> <li>규 격 : D17m X H10m X 4지</li> <li>체류시간 : 8day</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지와 물 분리</li> <li>중력침강방식</li> <li>1처리장               <ul style="list-style-type: none"> <li>규 격 : D15m X H3.0m X 4지</li> <li>체류시간 : 12hr</li> </ul> </li> <li>2처리장               <ul style="list-style-type: none"> <li>규 격 : D13m X H5.0m X 2지</li> <li>체류시간 : 17.4hr</li> </ul> </li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 감량화 및 안정화</li> <li>메탄가스 연료 재활용</li> <li>협기성 2단 방식</li> <li>체류시간 : 20day</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>탈수cake 량 : 252 ton/일</li> <li>슬러지 건조 후 재활용 [발전소 보조원료]</li> </ul>



# 하수슬러지 처리현황

유엔사단 수원  
사람이  
반갑습니다

구분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	비고
해양배출	15,923	20,275	453	0	0	
건조처리	74,385	61,612	73,534	79,896	47,530	
재활용처리	0	362	5,700	14,647	8,135	



 <b>시설현황 및 사업개요</b> <span style="float: right; font-size: small;">           수원시청 수원 사람이 만납니다         </span>	
시 설 명	수원시 하수슬러지 처리시설 (수원시환경사업소내 소재)
시 설 규 모	450톤/일 (2 계열 구성)
처 리 공 법	슬러지 건조 공법 (환경신기술)
부 지 면 적	5,247 m <sup>2</sup>
사 업 방 식	민간투자방식 (B.T.O 방식) 시설건설 및 15년간 운영
시 설 운 영	SPC: 수원그린환경 (주), 운영사: (주)TSK WATER 외 1개사



# 하수슬러지 처리개요

푸른도시수원  
사람이  
반갑습니다



- 슬러지 반입 (450 톤/일)
  - 수원시 관내 (300 톤/일)
  - 오산시 (70 톤/일)
  - 광주시 (80 톤/일)

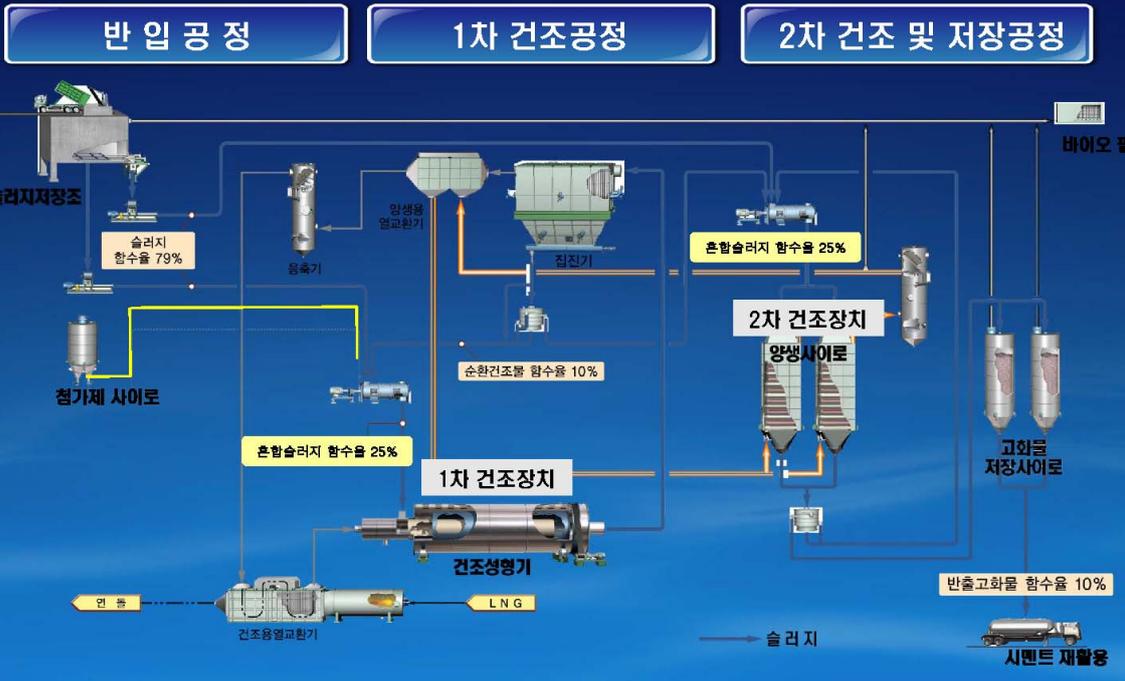
- 하수 슬러지 처리시설
  - 건조(연료화) 공법

- 건조물 활용
  - 시멘트 원료 [현대시멘트, 쌍용양회]
  - 태안화력발전소 보조연료



# 처리계통도

푸른도시수원  
사람이  
반갑습니다





## 시설전경 및 주요시설물 배치현황

유엔사단수원  
사람이  
반갑습니다



[ 시설 전경 ]



[ 중앙제어실 전경 ]



- ① 슬러지 저장조      ② 건조성형기
- ③ 집진기              ④ 2차 건조기
- ⑤ 건조물(고화물) 사이로



## 처리공법 특징

유엔사단수원  
사람이  
반갑습니다

1

에너지 절약형  
연료화기술

- 수분증발에 필요한 에너지 소요량 최소화
- 1차 건조과정 배가스의 응축잠열을 회수하여 2차 건조공정의 건조열원으로 사용

2

건조물의  
다양한 활용성

- 건조물 정상 [환경부 연료활용 기준 만족]
- ⇒ 함수율 10%이하, pellet 형상, 발열량 3,000kcal/kg 이상
- 활용성: 시멘트 원료/ 화력발전소 보조연료

3

악취발생  
최소화 공정

- 건조과정: 순환회로 시스템 구성
- 탈취설비시설: 바이오필터 처리



## 건조물 재활용

유엔사건수원  
사람이  
반갑습니다

### 슬러지 재활용 시설



↓ 생산

### 최종 처리물(건조물)



재활용

### 건조물 최종 처분



시멘트 재활용



화력발전소 보조연료



## 시설운영 현황

유엔사건수원  
사람이  
반갑습니다

- 처리용량 : 450 톤/일 (2계열 구성)
- 운영개시일: 2010. 2. 22.
- 일평균 슬러지 반입량/처리량 : 410톤/일
- 슬러지 반입처 : 수원시, 오산시, 광주시, 서호천
- 건조물 최종처분: 시멘트 원료 (현대, 쌍용)  
발전소 연료 [서부발전]
- 운 영 사 : 티에스케이워터(대표사), 포스코건설
- 운영기간 : 2010. 2 ~ 2025. 2 (15년간)
- 사용료 : 85,021원/톤 (14. 06 기준)  
(법인관리비, 민자사업 투자비등 포함)



# 폐수슬러지 재활용 사례

---

---

전상선  
CJ제일제당



# 폐수 슬러지 재활용 사례

2014년 9월 16일

CJ 제일제당 인천2공장

Copyright © CJ Cheiljedang. All rights reserved

Create a New Culture  
for Healthy, Happy and Convenient Lifestyles

VISION  
Create the value of  
nature, Enrich the world



## 목차



1. 회사소개
2. 인천2공장 폐수처리장 소개
3. 폐수슬러지 발생 현황
4. 육상처리 검토 내용
5. 육상처리 검토 사례
6. 향후 추진계획

## 1. 회사소개(1/5)



회사명	씨제이제일제당(주)	대표자	김 철 하
소재지	서울특별시 중구 동호로 330 CJ제일제당센터		
설립일자	1953년 11월 5일	종업원수	6,105名
사업영역	소재식품(설탕, 밀가루, 식용유 등) BIO제품(MSG, 핵산, 라이신) 가공식품(즉석조리, 육가공, 냉동, 조미, 음료) 사료(가축용, 특수) 제약(완제, 원료, OTC)		
매출액	98,775억원(2012년 기준)		
사업장 현황	전국 26개 사업장(해외 30개 사업장), 4개 연구소		

## 1. 회사소개(2/5)



CJ는 식품, 엔터테인먼트, 생명공학, 신유통 등 4대 핵심사업군을 중심으로 각사업회사가 전문화된 사업에 역량을 집중하여 **건강, 즐거움, 편리**를 추구하는 글로벌 생활문화 기업입니다.

CJ제일제당은 CJ의 출발점이자 중심이고 소재,가공식품 & 식품서비스와 생명공학사업군을 주력으로 하여 **'GREAT CJ'**를 실현하는 핵심 사업군입니다.



## 1. 회사소개(3/5)



사업장명	씨제이제일제당(주) 인천2공장	공장장	김 지 용
소재지	인천광역시 중구 서해대로 140번길 49		
준공연도	1979년 7월	종업원수	200명
매출액	612,958백만원(2013년)	부지면적	129,316㎡(39,186평)
주생산품	식용유, 참기름, 고급유, 배합사료 등		
사업장규모	대기 : 1종, 수질 : 2종		

## 1. 회사소개(4/5)



Popcorn Litra DeGliceride  
 Fatty acid **Sesame Oil**  
 Extra Virgin Olive Oil  
 Chilled oil  
**Soybean Oil**  
 Super Critical Extraction Sesame  
 Oil **Soybean Meal**  
 GrapeSeed Oil Canola Oil

- 1979.08** 대두 가공공장 준공(300MT/일)
- 1987.03** 참기름 가공공장 준공(800MT/년)
- 1988.07** 대두 가공공장 처리능력 증설(1,750MT/일)
- 1996.01** 환경 친화기업 인증
- 2001.05** 대두 가공공장 처리능력 증설(2,100MT/일)
- 2003.06** KOSHA 18000 P등급 취득
- 2005.12** PSM (PROCESS SAFETY MANAGEMENT) 인증
- 2006.11** EIE공장 준공(6,000MT/년) 및 상업화
- 2009.06** 환경부장관상 수상
- 2009.10** 에너지 부문 산업포장 수상
- 2010.05** 발효대두박 공장 준공(5,000MT/년)
- 2010.08** ISO22000(SGS) / 콩기름 KS인증
- 2010.09** 콩기름(0.9L, 1.8L) 탄소성적표지 인증
- 2011.09** CBL공장 준공
- 2012.06** 환경부장관상 수상
- 2012.11** 카놀라 착유공장 준공(400MT/일)
- 2012.11** 녹색기업 재지정
- 2013.02** 압착식 참깨분 참기름 공장 준공(2,765MT/년)
- 2014.03** 콩기름(0.9L, 1.8L) 저탄소 제품 인증

# 1. 회사소개(5/5)



## ■ 인천2공장 SKU현황

품목	대두	참기름	고급유	기능성유지	업소용유지	기타	계
단량	3종 38개	2종 36개	5종 21개	2종 28개	1종 67개	선물세트 49개 카놀라박 3개	15종 242개

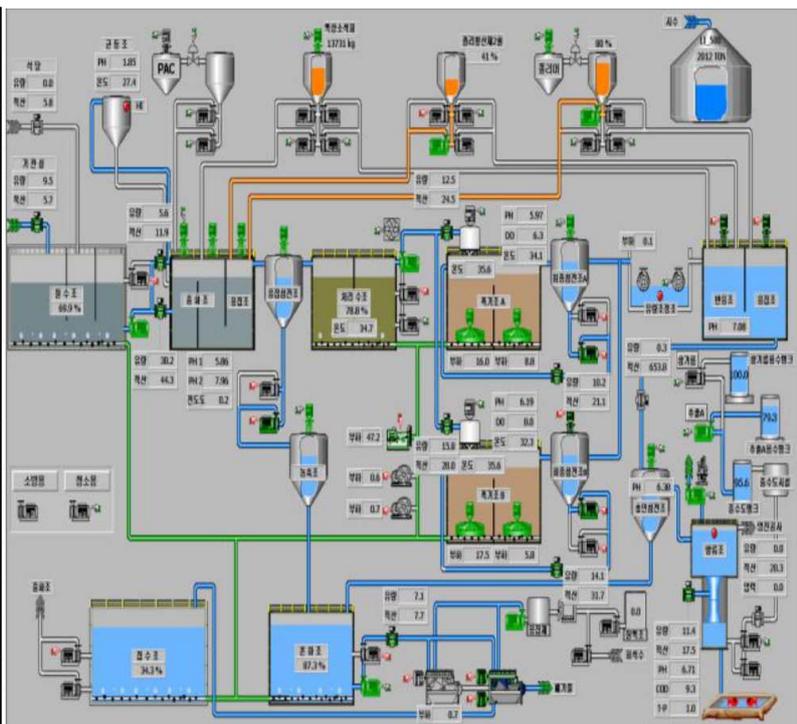
## ■ 인천2공장 주요 생산제품

구분	제품명	주요특성	사용처	비고
	대두유	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내에서 콩으로 직접 착유</li> <li>리놀산등 불포화지방산 함량 높아 고소한맛 토코페롤/베타카로틴 함량 높음</li> </ul>	가정용 업소용	국내 판매 1위
	참기름	<ul style="list-style-type: none"> <li>100% 참깨만 사용 전통방법으로 딱 한번만 짬</li> <li>특히 받은 급속냉각 공법으로 갓 볶은 참깨의 고소한 향까지 제품에 담음</li> <li>초임계 과학기술을 이용하여 참기름 고소한 향과 고온 항균빛을 살린 제품</li> </ul>	가정용 업소용	진한참기름(압착) 황금참기름(초임계)
	압착올리브유 포도씨유 카놀라유 쌀눈유	<ul style="list-style-type: none"> <li>스페인산 최상급 엑스트라 버진 올리브</li> <li>100% 프랑스산 포도씨만을 엄선한 고급식용유 A-토코페롤 /카테킨 함유된 건강 지향적</li> <li>숲의 원리를 활용한 "5단계 정제시스템"으로 만들어 맑고 깨끗함</li> <li>CJ의 7단계 정제시스템으로 7번 걸러 맑고 깨끗함</li> </ul>	가정용 업소용	국내 판매 1위
	대두박 발효대두박	<ul style="list-style-type: none"> <li>SOYTIDE는 CJ의 독자적인 기술로 탈지대두박을 청국장균(BACILLUS SUBTILIS)으로 발효하여 소화흡수율을 향상시킨 펩타이드 (PEPTIDE) 형태로 분해된 식물성 단백질 공급원</li> </ul>	사료	대두박: 사료 단백질원료 발효대두박: 높은 소화흡수율로 사료효율개선

# 2. 폐수처리장 소개



구분	주요내용	
CAPA.	1,050m³/일	
평균처리량	700m³/일	
처리방식	물리, 화학, 생물학 및 고도처리	
주 사용약품	황산제2철 소석회 유기응집제	
폐수성상	유분함유 고온, 강산성 폐수	
원수농도 (PPM)	PH	2.4
	COD	600
	SS	300
방류수농도 (PPM)	PH	6.6
	COD	7.8
	SS	4.1
	T-P	0.4



### 3. 폐수슬러지 발생현황(1/2)



인천2공장에서 발생하는 폐수슬러지는  
탈수처리 후 발생하는 고상슬러지와 원수조 상부에 부상되는 액상 슬러지로 약 2천톤/년 발생  
CJ제일제당 국내 13개 사업장 합계 약 20천톤/년 발생

단위 : 톤/년

폐기물 종류	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년 예상	비고
폐수슬러지 (고상)	1,353	1,237	1,234	1,231	1,481	
폐수슬러지 (액상)	1,294	1,932	1,029	669	557	
합계	2,647	3,169	2,263	1,900	2,038	

### 3. 폐수슬러지 발생현황(2/2)



인천2공장에서 발생하는 폐수슬러지에 대해  
EPA3051 분석방법에 의한 중금속 분석 및 염도계법에 의한 염분분석결과 기준 만족

#### ■ 중금속 함유기준

구분	PB	CU	CD	AS	HG	CHLORINE	비고
오니류	<150	<800	<50	<50	<2	3,000이하	

#### ■ 분석결과

업체명	CJ제일제당㈜인천2공장		
주소	인천광역시 중구 신흥동3가 64번지		
시료명	폐수처리오니(고상)	측정 분석항목	Pb 외 5종
의뢰일	2013. 11. 08.	측정 분석기간	2013. 11. 08. - 2013. 11. 22.
<b>&lt; 분석 결과 &gt;</b>			
분석항목	측정결과	결과	비고
Pb	(mg/kg)	75.043	EPA 3051법
Cu	(mg/kg)	27.747	*
As	(mg/kg)	5.292	*
Hg	(mg/kg)	불검출	*
Cd	(mg/kg)	2.667	*
염분	(%)	0.7	염도계법

업체명	CJ제일제당㈜인천2공장		
주소	인천광역시 중구 신흥동3가 64번지		
시료명	폐수처리오니(액상)	측정 분석항목	Pb 외 5종
의뢰일	2013. 11. 08.	측정 분석기간	2013. 11. 08. - 2013. 11. 22.
<b>&lt; 분석 결과 &gt;</b>			
분석항목	측정결과	결과	비고
Pb	(mg/kg)	3.566	EPA 3051법
Cu	(mg/kg)	16.548	*
As	(mg/kg)	불검출	*
Hg	(mg/kg)	불검출	*
Cd	(mg/kg)	0.161	*
염분	(%)	1.2	염도계법

## 4. 육상처리 검토내용



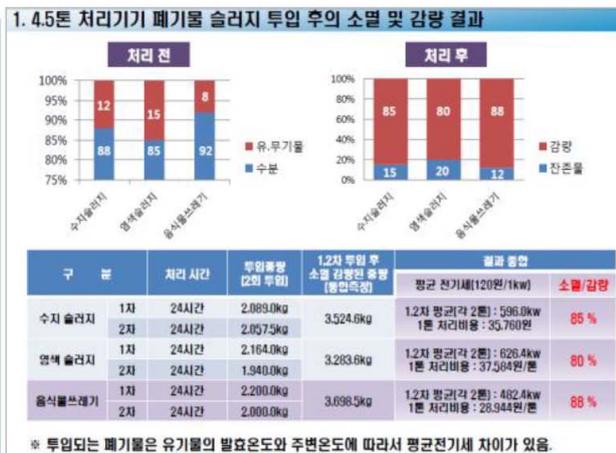
식품업계 폐수의 특성상 슬러지의 특성은 유기성이며, 함수율 高로 육상처리 難

처리방법	검토결과	비고
재활용 (퇴비화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 폐수슬러지로 퇴비를 만들 경우, 농협에 납품 不可</li> <li>✓ 함수율 高로 부재료(톱밥 등) 사용량 증가</li> <li>✓ 계절적 영향 多로 안정적인 처리 불가요인 상존</li> <li>✓ 퇴비업체 위탁처리 不可</li> </ul>	루*
재활용 (분변토)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 지렁이 먹이로 활용</li> <li>✓ 폐기물 성상별, 종류별 처리량 차이 大</li> <li>✓ 일일 처리능력 少, 소규모 처리장으로 안정적 처리 難</li> </ul>	-
재활용 (고형화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 함수율 高 및 유기성으로 고형화 難</li> <li>✓ 고형화 가능한 무기성 폐기물 선호</li> <li>✓ 일부 시멘트사 유기성 슬러지 처리 可</li> </ul>	동* *** 한* ***
소각처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 소각시 함수율 高에 따라 발열량 저하로 불안진 연소 可</li> <li>✓ 기존 가연성 폐기물 소각 대비 연료비 증가</li> <li>✓ 소각업체 위탁처리 不可</li> </ul>	성***
매립	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 현재 수도권 주변 사설매립지 부족으로 포화상태</li> <li>✓ 해양배출 금지시 매립지 집중화에 따라 선별적 반입 예상</li> <li>✓ 폐수처리오니 반입시 침출수, 지반침하, 악취 등의 문제 有</li> <li>✓ 매립업체 위탁처리 不可</li> </ul>	케** ****

## 5. 육상처리 검토사례(1/2)



■ 고상슬러지 건조방식 검토 사례(미생물 유기성 발효를 이용한 건조)  
- 건조기는 주로 전기, 스팀 등의 열원을 이용하여 악취관련 ISSUE 발생 可



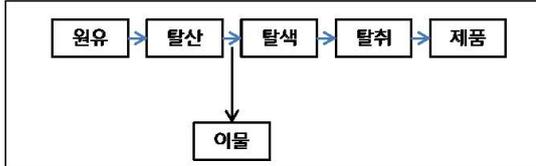
## 5. 육상처리 검토사례(2/2)



■ 액상슬러지 재활용 전환 사례(재활용 업체 발굴)  
- 가수분해 및 산분해를 통해 재활용 가능한 공업油 회수

1) 주요내용 : 유분함량 10%이상인 공정오니(액상)을 재활용으로 전환

2) 액상슬러지 발생 공정



3) 재활용 처리방법



재활용 가능  
폐기물 처리  
폐수처리

## 6. 향후 추진계획



발생원 관리를 통한 발생량 최소화를 先 진행하고, 발생된 폐기물은 적법한 처리방법 중 경제적인 처리방법을 단계적 검토 할 예정입니다.

성상 구분	1차(현재) 육상처리 우선진행	2차 투자 방향 검토	기타 육상처리
고상 슬러지	1. 재활용방안 - 시멘트회사 보조원료 - 지렁이분변토 등	2. 건조기 투자 방안 - 미생물 발효 건조기 - 감압 및 고압 압착 건조기	외부 건조설비 이용 소각처리 이용
액상 슬러지 및 폐수	1. 재활용방안 - 시멘트회사 보조원료	2. 재활용 투자 방안 - 활성탄 + 분리막 - UF 및 RO 분리막	외부 폐수 위탁처리 자체 폐수장 유입처리

