

## 生活廢棄物 燒却바닥재의 再活用을 위한 研究<sup>†</sup>

<sup>‡</sup>安芝煥 · 吳明煥\* · 韓椿\*

韓國地質資源研究院, \*光云大學校

## A Study about Recycling from Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash<sup>†</sup>

<sup>‡</sup>Ji-Whan Ahn, Myung-Hwan Oh\* and Choon Han\*

Korea institute of geoscience and mineral resources

\*Kwang Woon University

### 초 록

국내의 생활폐기물의 처리 방법은 매립에서 소각으로 이동해 가고 있으며 이를 통하여 발생되는 소각재의 처리에 대한 비중이 점차적으로 증가하고 있다. 소각재는 90%가 바닥재로 존재하며, 바닥재는 재활용 가능한 성분을 함유하고 있기 때문에 재활용을 위한 활발한 연구가 필요하다. 예를 들어 미국과 유럽 그리고 일본의 경우 여러 분야에서 바닥재의 재활용이 이루어지고 있으며 이에 따른 환경적 경제적 효과를 얻고 있다. 하지만 이와 대조적으로 국내의 경우 소각재 관리 처리 시 대부분 매립에 의해 의존하고 있는 실정이다. 따라서 소각재의 발생특성과 성상을 조사·분석하고, 국내외의 소각재 안정화 및 재활용기술에 대한 기술조사와 평가를 기반으로 한 처리방안에 대한 연구가 절실히 요구된다.

### Abstract

The treatment of domestic municipal solid waste has inclined to incineration process instead of disposal in landfills. So, the amount of ash generated by incineration of municipal solid waste is gradually increased. The incineration ash divides into bottom ash and fly ash. The bottom ash which accounts for about 90% of the incineration ash consists of ceramics, glasses and metals. And it can be used as the recycling product by the stabilization process. For example, the bottom ash is used as secondary building material or for other similar purposes such as road sub-bases and noise barrier in USA, Europe and Japan. But, the stabilization-treatment technique of bottom ash still leaves much to be desired in Korea. Thus, the domestic study of recycling about bottom ash must be improved through investigation about the chemical property and technique of stabilization.

**Key words:** Municipal solid waste, Incinerator, Bottom ash, Recycling

### 1. 서 론

생활폐기물의 처리 현황은 1995년에는 매립이 72.3%, 소각이 4.0%, 재활용이 23.7%였으나, 매립비율은 꾸준히 감소하였고 소각 및 재활용의 비율이 지속적으로 증가하여 2005년에는 매립이 27.7%, 소각이 16.0%, 재활용이 56.3%로 처리구조가 개선되었다. 그러나 생활폐기물의 가연성 물질이 50%이상임을 감안하면 소각에 의한 처리를 더욱 증가시키는 것이 바람직하다고 생각

된다.

소각비율이 점차 높아짐에 따라 소각한 후 잔재물의 발생량도 더욱 증가될 전망이다. 생활폐기물 소각재의 발생량은 대체로 소각시설로 반입된 생활폐기물의 약 20 wt.%정도 발생하며 발생된 소각재의 약 90 wt.%는 바닥재로, 10 wt.%를 비산재로 추정하고 있다. 이러한 계산을 기초로 하면 생활폐기물의 소각비율이 약 13.6 wt.%였던 2003년에 소각재는 약 40만톤이 발생했으며, 이 중 바닥재는 약 35만톤, 비산재는 약 5만톤이 발생된 것으로 추정된다. 정부는 2011년까지 생활폐기물 소각비율을 30 wt.%까지 증가시킬 예정이기 때문에

<sup>†</sup> 2005년 4월 22일 접수, 2007년 10월 19일 수리  
\*E-mail: ahnjw@kigam.re.kw

2003년이후 생활폐기물 발생량이 큰 변화가 없고 소각 비율 만이 증가하였으며, 이를 통하여 소각재의 발생량은 매년 약 10%씩 증가하여 2008년에는 약 100만톤으로 증가할 것으로 추정된다.

비산재는 중금속 용출량이 허용기준치를 초과하여 고형화/안정화 등의 중간처리를 거쳐 매립하고 있다. 바닥재는 주로 철, 유리, 도자기 등으로 구성되어 있기 때문에 적절한 전처리를 함으로써 재활용이 가능하지만 국내에서는 이들을 주로 매립처리하고 있다. 그러나 2차 오염물질의 방출, 지역이기주의 등에 따라 매립지의 확

보가 어려워지고 있으며 자원의 재이용이라는 측면에서 바닥재의 재활용을 위한 기술 및 정책의 개발이 절실히 필요하다. 반면에 독일, 덴마크, 네덜란드 등 유럽에서는 바닥재를 도로건설의 경량 골재로서 이용하거나 아스팔트 또는 콘크리트의 골재로 바닥재의 60~90%를 재이용하고 있다.

본 연구에서는 생활폐기물 소각장에서 발생된 소각재 중 바닥재를 대상으로 하여 국·내외 바닥재 관리 및 재활용 현황을 검토하고자 한다.

표 1. 2001년도 소각장별 바닥재 처리현황

소각장명	호기별	발생량(톤)	처리방법	처리량(톤)	처리업소명
양천	1,2호기	10,991	매립	10,044	수도권매립지관리공사
			재활용	928	전진산업(합)
			매립	19	미래와 환경(주)
노원	1,2호기	9,560	매립	9,560	수도권매립지관리공사
성남	1,2호기	24,078	매립	24,078	성남시(자체매립장)
평촌	1호기	10,277	재활용	7,613	전진산업(합)
			매립	2,664	수도권매립지관리공사
일산	1호기	10,632	매립	5,424	수도권매립지공사
			재활용	5,208	전진산업(합)
수원	1,2호기	10,808	매립	10,505	(주)한중
				303	원광인바이로텍
광명	1,2호기	13,978	재활용	13,978	전진산업(합)
중동	1호기	10,311	재활용	10,311	전진산업(합)
대장	1호기	12,922	재활용	12,922	전진산업(합)
과천	1호기	3,598	재활용	3,598	전진산업(합)
용인	1호기	2,412	매립	2,412	용인시(자체매립장)
수지	1,2호기	453	매립	453	용인시(자체매립장)
대전	1호기	7,687	매립	7,687	대전시(자체매립장)
성서	1~3호기	29,264	매립	29,264	대구시(자체매립장)
울산	1,2호기	22,926	매립	22,926	울산시(자체매립장)
해운대	1,2호기	17,154	매립	17,154	부산시(자체매립장)
다대	1호기	9,517	매립	9,517	부산시(자체매립장)
창원	1,2호기	18,064	매립	18,064	창원시(자체매립장)
상무	1,2호기	19,767	매립	19,732	광주시(자체매립장)
안산	1호기	5,792	재활용	5,792	전진산업(합)
군포	1호기	2,994	매립	2,994	한맥테코산업
김해	1호기	6,363	매립	6,071	김해시 진영매립장
공주	1호기	1,446	매립	1,446	공주시(자체매립장)
천안	1호기	1,238	매립	1,238	천안시(자체매립장)
구리	1,2호기	1,077	매립	1,077	(주)한중
의정부	1,2호기	1,147	매립	1,147	수도권매립지공사

## 2. 국내의 소각재 관리

2005년 전국 소각장에 반입되는 폐기물 총 반입량과 소각재 발생량 기준으로 보면 생활폐기물을 소각하여 발생된 바닥재는 약 25만톤이었으며, 비산재는 약 4만 9천톤 발생하였다. 표 1은 2001년 26개 대형 소각장별 바닥재 및 비산재 처리현황을 나타낸 것이다. 표에 나타

난 바와 같이 대부분 바닥재는 매립 처분되고 있으며, 일부 업체에서 소량으로 재활용되고 있는 실정이다. 또한 비산재는 지정폐기물 매립장에 매립되고 있고, 일본처럼 이들을 용융처리하고 있는 곳은 없으며, 일부 약제를 사용한 안정화와 시멘트를 사용한 고화처리한 후 매립하고 있다. 하지만 소각비율의 증가로 인해 앞으로 소각장의 처리 기술은 매립이 아닌 재활용 처리 활용에

표 1. 2001년도 소각장별 바닥재 처리현황 (계속)

소각장명	호기별	발생량(톤)	처리방법	처리량(톤)	처리업소명
양천	1,2호기	2,327	매립	2,290	미래와 환경(주)
노원	1,2호기	854	매립	854	공공처리장 온산사업소
성남	1,2호기	2,598	매립	2,598	(주)한중
평촌	1호기	1,169	매립	1,169	(주)한중
일산	1호기	2,865	매립	1,230	환경관리공단 온산사업소
			매립	1,565	(주)원광인바이로텍
수원	1,2호기	2,857	매립	2,748	(주)한중
			매립	109	원광인바이로텍
광명	1,2호기	1,859	매립	1,859	(주)한중
중동	1호기	667	매립	667	한맥테코산업(주)
대장	1호기	2,586	재활용	2,586	전진산업(합)
과천	1호기	466	매립	466	코엔텍
용인	1호기	338	매립	338	(주)한중
수지	1,2호기	1,006	매립	1,006	용인시 매립장
대전	1호기	1,002	매립	1,002	(주)한중
			매립	372	(주)그레텍
성서	1호~3호기	6,556	재활용	9	(주)성림테크
			매립	33	(주)그레텍
			안정화(약품)후 매립	6,142	대구시(자체매립장)
울산	1,2호기	2,370	매립	2,370	범우(주)
해운대	1,2호기	977	매립	977	에코시스템(주)
다대	1호기	554	매립	554	에코시스템(주)
창원	1,2호기	2,075	매립	2,075	에코시스템(주)
상무	1,2호기	4,246	고형화후 매립	4,246	광주시(자체매립장)
안산	1호기	1,623	안정화(약품)후 매립	1,623	원광인바이로텍
군포	1호기	513	안정화(약품)후 매립	513	한맥테코산업
김해	1호기	854	매립	854	에코시스템(주)
공주	1호기	61	매립	61	한맥테코산업
천안	1호기	231	매립	231	원광인바이로텍
구리	1,2호기	330	매립	330	(주)한중
의정부	1,2호기	310	매립	310	우원환경

대한 비중으로 변화해 나갈 것이다. 이를 위해선 바닥재에 함유되어 있는 중금속의 안정화에 대해 연구할 필요가 있다.

현재 국내의 소각재 처리 수단의 상당한 부분을 차지하고 있는 매립은 중금속의 용출문제 등 환경적 차원의 문제점을 고려하여 본다면 바람직하지 못한 처리수단이라 할 수 있다. 따라서, 소각재중의 중금속 성분을 용출되지 않도록 처리하여 이를 자원화함으로써 처리비용의 저감효과와 환경안정성을 함께 도모하는 방안이 대두되고 있으며, 현재 우리나라에서는 전체 바닥재 발생량의 약 3.4%정도만이 재활용되고 있으며, 전진산업(주), (주)진흥, 삼광물산 등이 바닥재를 활용하여 건축용 벽돌, 기와, 블록 등을 생산하고 있다.

### 3. 국외의 소각재 관리

#### 3.1. 미국의 소각재 관리

미국에서 바닥재의 재활용 분야는 아스팔트 채움재, 콘크리트용 골재, 복토재 등이다.

미국에서 바닥재의 재활용 분야는 아스팔트 채움재, 콘크리트용 골재, 복토재 등으로 사용된 실적이 있으며 주요 실적은 표 3과 같다. 현장실험에 따라 효과가 검증이 안된 곳도 있음을 알 수 있으며, 대부분 정부 혹은 지방자치단체 주도의 과제로 추진되었음을 알 수 있다.

미국에서는 현재 7개소의 바닥재 처리시설을 가동하고 있으며, 입도분리와 자력분리공정 등을 통해 철질금속, 비철금속과 재생골재로 분리되며, 미연소성분

표 2. 국내 소각재(바닥재) 재활용업체 현황

업체명	소재지	제품	월생산량	사용원료
전진산업(주)	충남 부여군 장암면	건축용 벽돌	1,250,000장	연소재
(주)진흥	충남 논산시 별곡면	건축용 벽돌, 블럭	2,000,000장	연소재
삼광물산(주)	충남 천안시 구룡동	건축용 벽돌, 블록	500,000장	연소재

표 3. 미국내 소각재 현장실험 실적

적용분야	위치	일시	주관차	비고
아스팔트 채움재	Houston, TX	1974	FHWA	우수
	Philadelphia, PA	1975	FHWA	OK
	Delaware, PA	1975	FHWA	OK
	Harrisburg, PA	1975	FHWA	나쁨
	Harrisburg, PA	1976	FHWA	용융시 우수
	Washington, D.C	1977	FHWA	양호
	Lynn, MA	1980	FHWA, Wheelabrator	우수
	Albany, NY	1983	Energy Answers, Patrick Mahoney	OK
	Tampa, FL	1987	Wheelabrator	10% 이상 대체가능
	Ruskin, FL	1990	Wheelabrator	환경영향 OK
	Hennepin, MN	1992	Minnesota Pollution Control Agency	금지
	Hillsborough, FL	1992	County 고형폐기물부	금지
	Shelton, CT	1992	Connecticut Resource Recovery Authority	매립장 사용가능
	Rochester, MA	1992	Energy Answers, Patrick Mahoney	철도사용가능
	Laconia, NH	1993	Concord 지방 고형폐기물부, Jim Presher	OK
	NY/NJ	1996	NYSERDA, Tom Fiesinger	주차장 입구시공
	Baltimore, MD		Baltimore RESCO	철도기총 시공
	Honolulu, HI	1998	시정부 Colin Jones	OK

표 3. 미국내 소각재 현장실험 실적 (계속)

적용분야	위 치	일 시	주 관 자	비 고
Concrete	Albany, NY	1983	Energy Answer	OK
	Rechester, MA	1987	Energy Answer	OK
	L.I. Sound Reef	1987	SUNY	OK
	L.I. Suny	1990	Energy Answer	OK
	Montgomery	1991	Montgomery C.	OK
	LA Puente Hills	1992	LA위생국	표충용 골재
	Ruskin, FL	1993	Perma-Base Inc.	Soil-cement 첨가재
	Islip, NY	1993	Rolite Inc.	
	Pinellas, FL		County	검증안됨
	Palm Beach, FL	1991	County	효과없음
Portland Cement	Richmond, VA	1997	Env. Sol'n Inc	
	Hampton, VA	97~98	Env. Sol'n Inc	Phosphate Cement
복토재	Tacoma, WA	1991	Tacoma Pub. Util	Shale 대체
	Charleston, SC	1980[전]	Charleston WTE	
유리화	Honolulu, HI	1996	시정부	
	Long Beach, CA	진행중		일일복토재
	Blydenburgh, NY	진행중		Gas Venting Layer
	Albany, OR	1993	ASME	
	UCLA	진행중	Prof. J.D.Mackensie	Ceramic타일
	Harrisburg, PA	1989	Harrisburg WTE	
	Boston, MA	95~96	NESWC	

주) NESWC : North East Solid Waste Committee

ASME : The American Society of Mechanical Engineers

FHWA : Federal Highway Administration, Energy Answers

표 4. 미국에서 상업 가동중인 바닥재 처리시설

시 설 명	운 영 자	처리량(톤/년)	개시년도
Camden, NJ	Rolite, Inc.	85,000 이상	1995
Islip, NYRRT	Design and Construction Corporation	56,460	1993
Pinellas County, FL	Resource Recycling, LLC	218,180	1990
Nashville, TN	American Ash Recycling, Inc	54,290	1994
SEMASS, MA	Engineered Materials Corporation	72,000	1996
York County, PA	American Ash Recycling, Inc.	108,500	1998
Commerce, CA	Sanitary Districts of Los Angeles County	31,025	1991

은 소각로로 반송되어 소각하여 처리한다. 표 4에 미국에서 상업 가동중인 바닥재 처리시설의 개요를 나타내었다.

### 3.2. 일본의 소각재 관리

일본에서의 생활폐기물 소각재의 처리는 1991년에 수 정된 폐기물 처리법에 의하여 관리되고 있다. 이에 따

라 비산재는 유해중금속의 함유로 인하여 직접 매립되지 못하고 최종매립 전에 전처리를 하도록 규정되어 있으며, 환경청에 의해 규정된 범위를 만족해야 한다. 처리기술은 후생성에 의하여 규격화되었다. 이러한 방법에는 용융, 시멘트고화, 화학적 안정화, 산/용매추출 등이 있다.

1991년에 소각설비의 83%가 바닥재를 포함한 비산재를 처리하고 13%가 고형화 기술을 이용하여 처리되었으며, 15개의 plant에서 혼합재를 용융처리하고 있으며 앞으로 계속해서 늘어날 전망이다.

1995년에 134,000톤의 슬래그가 용융처리로 생산되었으나 이는 일본 전체 소각재 발생량의 3%에 불과하다. 슬래그 생산량의 약 17%인 22,800톤이 건축용으로 쓰였는데 그 용도로는 충전재, 노반재, 인터로킹 블록과 이스플트 충전용 등으로 쓰이고 있다. 2001년까지 슬래그 생산은 205,103톤으로 증가하였으며 이의 유효이용도 더불어 증가할 것이다.

또한 생활폐기물 소각재 등에 함유되어 있는 다이옥신, 중금속, 염소 등의 문제를 해결한 새로운 유형의

Eco-cement 개발 등의 연구가 진행되고 있다. Eco-cement는 소각재 중의 5~10%를 함유하고 있는 염소 때문에 지금까지 시멘트 원료로 이용이 곤란하였으나 이 염소를 염소함유 시멘트 광물로 생성시킨 새로운 유형의 시멘트 제조기술을 확립한 것이다. 또한, 용융로를 이용하여 소각재를 파인세라믹으로 재생하는 연구가 진행되고 있다. 이는 소각재를 1,600의 고온으로 녹여 재생 이용시 장애가 되고 있는 금속성분을 제거하는 용융로를 개발하여 노에서 나오는 재를 냉각시켜 분말상으로 만든 후 압력으로 굳혀 세라믹의 재료로 이용하는 것이다.

그림 1은 일본의 스토커식 소각로의 바닥재 재활용 공정 사례를 나타낸 것이다. 바닥재는 보통 노반재로 사용되고 있지만, 안전성을 높이고 일반 용도까지 넓히기 위해서는 수분 및 염분 제거, 미연유기물질 제거, 알칼리-실리카 반응성에 대응, 철분 제거, 비철금속류 제거, 입상화 및 입도 분포 조정, 용출성 중금속의 용출억제, 다이옥신류 제거 등이 필요하다. 이를 위해 일본의 (株) 테크노론티아에서는 일반 용도의 재생 모래로서 사용이

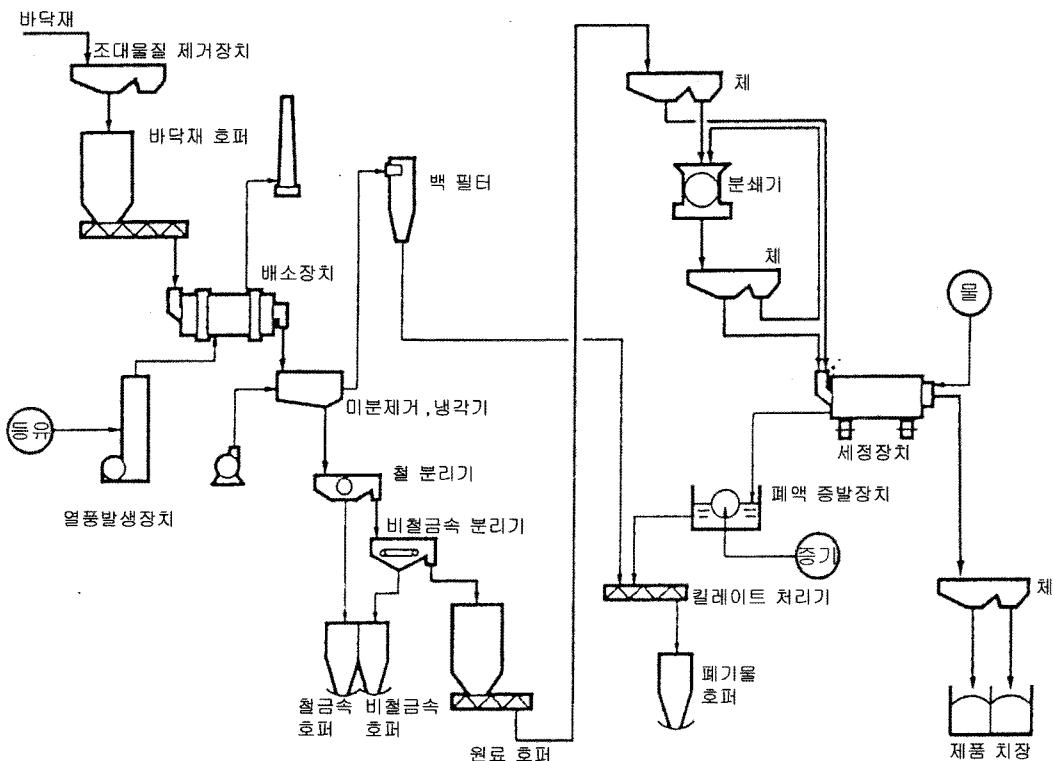


그림 1. (株)테크노론티아의 바닥재 재활용 공정 개요.

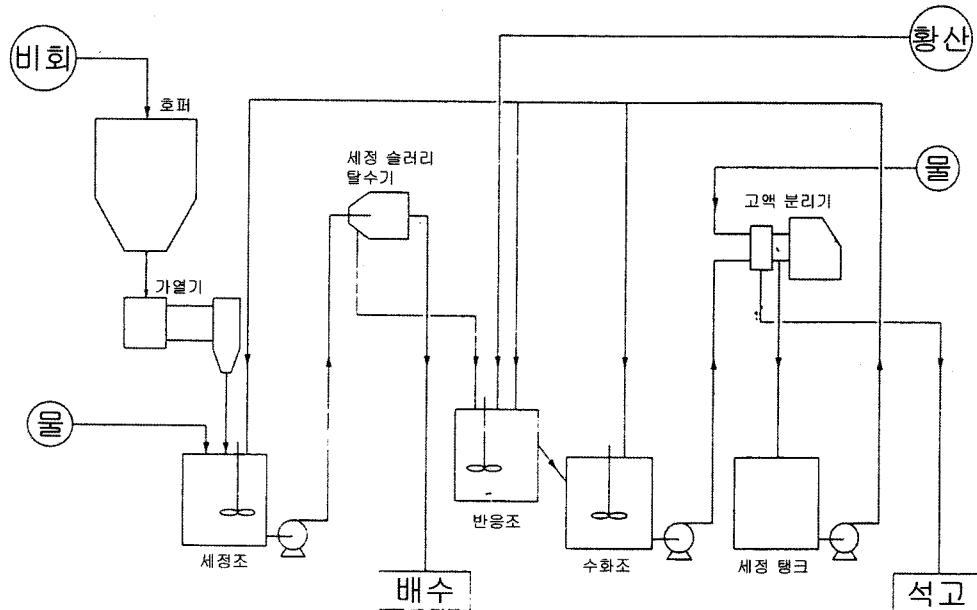


그림 2. (株)테크노론티아의 비산재 재활용 공정 개요.

가능하도록 개발한 공정이다.

그림 2는 소각장에서 배출되는 비산재를 가공처리하여 공업용 이수석고로 전환하는 설비로서 (株)테크노론티아에서 개발한 공정도를 나타낸 것이다. 이 공정으로 처리할 경우 비산재에 함유된 유해물질(용출성 중금속, 다이옥신)은 안전한 수준까지 분해·제거되며 비산재 중 수용성 물질은 수세에 의해서 제거되고 건자재용 또는 시멘트 원료로 사용 가능한 석고가 생성된다.

### 3.3. 네덜란드의 소각재 관리

Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and Environment에 의해 발기된 Netherlands National Implementation Plan은 2차 물질 이용을 위한 전략을 제공한다. 이 계획은 MSWI 잔류물 분류의 이용, 처리, 폐기물에 대한 모든 측면을 포괄하며, 새롭고도 발전된 처리 옵션에 대한 연구, 건설에서의 바닥재 이용을 유지 또는 증가시키기 위한 관리 체계의 집행, 비산재 및 연료 가스 청정 잔류물을 이용하거나 폐기하기 위한 적정 기법을 찾아내는 것 등을 제공한다.

네덜란드는 2차 물질로서의 폐기물 잔류물의 유용한 이용이 폐기에 우선한다고 결정하여 소각재 관리는 Regulation for Construction Materials(1995년 11월)에 따른다. 이 규정은 100년 이상의 기간 동안 환경에 미

치는 영향 등을 고려하여 폐기물로부터 유해물질의 방출 한계를 결정하고 있다. 바닥재는 1998년까지 이 규정의 특별 범주에 속했으며, 이것은 소각재가 이 규정의 엄격한 조건을 충족시키지 못할 주 있음을 인정하더라도 소각재의 재활용을 촉진시키는 것이다. 바닥재는 도로 제방의 성토용 흙으로, 도로 기층재로 사용되지만, 설계는 빗물의 침투를 최소화해야 한다. 네덜란드에서는 바닥재의 90%이상이 이용되고 있다.

### 3.4. 덴마크의 소각재 관리

덴마크에서는 재활용될 수 없는 폐기물은 소각을 우선으로 하고 있다. 1993년 가정 폐기물의 58% (1,334,000 톤)가 WTE 시설에 의해 처리되었다. 덴마크의 정책은, 소각으로부터 발생한 잔류물은 환경적 영향만이 고려된다면 이용되어야 한다는 것이다. 원칙적으로 혼합재 및 비산재는 이용될 수 있다. 그러나 실제로 법규, 기준 등의 확립이 마련되지 않아 바닥재는 유용한 이용을 위해 따로 수집된다. 수집된 바닥재는 전체 소각재의 약 10%로 재활용을 위해 금속을 제거된 후 자갈의 대체재로서 사용되고 있다. APD 잔류물(비산재 및 acid gas cleaning residues)는 특별히 유해한 폐기물로 분류되어 이용되지 않는다.

### 3.5. 독일의 소각재 관리

독일은 경제적으로 적합하다면 모든 잔류물이나 잔류물의 성분들을 재생하고 이용하도록 요구하고 있다. 이러한 전략은 모든 도시 폐기물 소각 잔류물을 포함한다. 약 60%의 바닥재(180만 Mg/yr)가 도로 포장과 그와 유사한 프로젝트에서 이용되고 있다. 이러한 활용은 독일의 여러 주에 의해 규제되고 있고 그 요구조건도 주마다 약간씩 다르다.

표 5는 잔류물이 매립되기 전에 충족시켜야 하는 Technical Directive for Residential Waste에 의해 설정된 기준들을 나타내고 있다. 이러한 기준은 LAGA에 의해 확립되었으며, 도로 건설에서의 바닥재 이용에 대한 기준을 포함하고 있다.

### 3.6. 프랑스의 소각재 관리

1994년 프랑스에서는 약 1,800만 톤의 폐기물을 소각

표 5. 독일의 기술지침에 의한 바닥재 분류

Parameter	LF Class 1	LF Class 2	LF Class 3
Loss on ignition wt.%	3	5	
Total organic carbon, wt.%	1	3	1
Cl(mg/L)			250
Cu(mg/L)	1	5	0.3
Zn(mg/L)	2	5	0.3
Cd(mg/L)	0.05	0.1	0.005

표 6. 용출시험에 따른 바닥재의 분류

	V	M	L
Unburnt material(%)	<5	<5	>5
Hg(mg/kg)	<0.2	V와 L 사이	>0.4
Cd(mg/kg)	<1	V와 L 사이	>2
Pb(mg/kg)	<10	V와 L 사이	>50
As(mg/kg)	<2	V와 L 사이	>4
CrVI(mg/kg)	<1.5	V와 L 사이	>3
Sulfates(mg/kg)	<10,000	V와 L 사이	>15,000
T.O.C(mg/kg)	<1,500	V와 L 사이	>2,000

<범주>

V : 낮은 여과 특성을 지닌 바닥재, 즉시 도로 기체로 이용될 수 있다.

M: 바닥재는 12개월 동안 저장(숙성) 될 수 있다. 저장후의 특성이 물질이 이용될 수 있는지를 결정한다.

L : 바닥재는 매립되어야 한다.

하여 약 216만 톤의 바닥재를 발생하였다. 216만톤의 바닥재 중에서 약 45%(약 100만톤)가 토목, 건설 분야에서 이용되었다. 1994년 5월, 도로 건설 및 다른 활용에서의 바닥재 이용에 대한 규정이 환경부에 의해 확립되었다. 이러한 규정 및 부속 요건들은, 활용하기 전 잔류물의 화학적 및 물리적 특성을 명시하도록 하고 있다. 소각재에 프랑스 여과 시험(NFX31-210) 결과를 이용하여, 바닥재는 다음과 같은 세 종류의 잠재적 범주로 구분된다.

위의 기준은 10개의 소각 시설로부터 소각재 표본을 만들어 분석한 후 결정된 것으로 분석결과는 단 한 시설의 바닥재만이 범주 V의 요건을 충족시켰고, 네 시설의 바닥재는 범주 M에, 5 시설의 바닥재는 범주 L에 속하였다. 9개월의 숙성 후, 7군데의 바닥재는 범주 V의 필요조건을 충족시켰으며, 하나는 범주 M에, 둘은 범주 L에 속하였다. 바닥재를 노반재 등으로 사용한 도로 시험 결과, 훌륭한 물리적 및 공학적 특성을 보여주었으며, 투수된 물을 한 달간격으로 측정한 결과 자연수질에 영향을 미치지는 않는다는 결론을 내렸으며, 측정된 성분의 농도는 음용수로 적합하였다.

### 3.7. 영국의 소각재 관리

1996년, 영국에서는 4,180만톤의 폐기물이 수집되었다. 이 중 약 90%는 매립지로 향했고, 5%는 재활용되었으며, 5%는 WTE 시설에서 소각되었다. 그러나, 이러한 상황은 지속 가능한 폐기물 관리(Making Waste Work, 환경부, 1995)를 촉진시키는 전략 및 규정의 발전에 따라 변화하고 있다. 이 전략은 감소 및 재이용에 뒤이어, 에너지 재생, 합성 및 재활용과 같은 범주로 두고 있다. 매립의 감소 및 재활용 및 합성의 증가와 함께, 2005년 까지 MSW의 재생을 위한 국가 목표를 확립시켰다.

여러 가지 요인들을 기초로, 영국에서는 2005년까지 약 270만톤의 폐기물이 연소되었으며, 이는 약 800,000 톤의 바닥재 및 10,000톤의 혼합된 비산재와 공기 오염 잔류물의 발생을 나타내는 것이다. 현재의 Special Waste Regulations(1996년 9월)에 의해 바닥재는 특별 폐기물로 분류되지 않으며, 혼합된 비산재 및 APC 잔류물도 마찬가지이다. 현재 영국의 WTE 시설로부터 나오는 모든 잔류물은 매립되지만, 기업 및 정부는 바닥재의 유용한 이용의 개발을 추진하고 있다. 1996년, 영국 연구자들은 유용한 이용 전 소각재 처리를 위해 바닥재의 탄산화, pH 감소 등 바닥재의 풍화 또는 숙성을 권고하고 있다.

## 4. 결 론

국내외 생활폐기물 발생 현황 및 그 성상은 생활양식, 문화 등에 따른 생활폐기물 편차가 예상보다는 크지 않았으며, 국토 면적이 큰 미국 등은 매립위주의 관리를 하고 있는 반면 국내와 같이 국토 면적이 좁은 일본, 네덜란드, 독일 등은 소각비율이 40% 이상으로 소각 위주의 관리를 지향하고 있는 것으로 판단된다.

국내 생활폐기물의 처리 구조는 2005년을 기준으로 매립이 전체의 약 27.7%, 재활용이 약 56.3%, 소각이 약 16.0%로 90년대의 매립위주로부터 개선되기는 하였으나 생활폐기물 중 가연성 폐기물의 비중이 높아짐에 따라 소각 비율을 더욱 높이는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 국내의 소각시설은 소각을 지향하는 국내 정책에 따라 지속적으로 증가되고 있으나 다이옥신 및 유해 물질에 의한 2차 오염 등에 대한 우려로 인해 그 설치가 점차 어려워지고 있기 때문에 유해물질의 방출 억제 등을 위한 제반 시설 및 기준 등을 보다 엄격하게 적용하여야 할 것으로 판단되며 그에 대한 기술 개발도 병행되어야 할 것이다. 특히 소각 처리의 저해 요인인 생활폐기물 중 40% 이상을 차지하는 음식물류를 분리수거 하기 위한 적정 방안이 논의되어야 할 것이다.

따라서, 소각비율이 증가함에 따라 소각량의 10~20% 수준으로 발생하는 소각재의 발생량도 증가할 것이며 현재 국내의 소각재 처분이 중금속 유출 등 환경 오염 등을 유발할 수 있는 매립 위주인 것을 감안하면 소각재의 발생특성과 성상을 조사·분석하고 국내외의 소각재 안정화 및 재활용기술에 대한 기술조사와 평가를 기반으로 한 처리방안에 대한 연구가 절실히 요구된다.

### 참고문헌

- 환경관리공단, 2000 : 소각재 안정화 및 재활용 기술에 관한 연구.



吳 明 煥

- 1977 명지대학교 무역학 학사
- 2003 순천대학교 재료금속 석사

- 과학기술부, 2004 : “철강산업 슬러지의 복합처리에 의한 실용화 기술개발”, 21c 프론티어연구개발사업보고서.
- 환경부, 2002 : 01 생활폐기물소각시설 운영현황.
- 환경부, 2004 : 전국 폐기물 발생 및 처리현황 2003
- 환경부, 2004 : 환경백서 2003.
- 환경부, 2006 : 2005 전국 폐기물 발생 및 처리현황.
- 안지환, 2006 : 생활폐기물 소각 바닥재의 처리 기술, 43(3), pp. 258-267.
- 안지환 외 4명, 2006 : Characteristic of Cu and Pb leaching behavior of municipal solid waste incineration bottom ash, Geosystem Engineering, 9(1), pp. 11-14.
- 엄남일 외 4명, 2007 : 생활폐기물 소각 바닥재의 자력선 별에 따른 ferrous material의 분리 특성, 資源리사이클링, 16(3), pp. 19-26.
- 조영도 외 4명, 2007 : 생활폐기물 소각 바닥재의 수세에 따른 염화물 특성, 44(2), pp. 127-134.
- Wiles, C. and Shepherd, P., 1999 : “Beneficial Use and Recycling of Municipal Waste Combustion Residues”, National Renewable Energy, Laboratory(NREL).
- Ahn, J.W. et al., 2007 : Characteristic of carbonation reaction from municipal solid waste incinerator bottom ash as a function of water content and their effect on the stabilization of copper and lead, 544-545, pp. 533-536.
- Han, G.C. et al., 2007 : Effect of magnetic separation in heavy metals of municipal solid waste incineration bottom ash, 544-545, pp. 557-560.
- Lee, K.H. et al., 2003 : Encapsulation of municipal solid waste incineration bottom ash to immobilize Cu and Pb via carbonation reaction, 124-126, pp. 1709-1712.

### 安 芝 煥

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
- 당 학회지 제10권 4호 참조



韓 樞

- 1975 서울대학교 화학공학 학사
- 1978 Auburn University 화학 공학 석사
- 1983 Iowa State University 화학 공학 박사
- 현재 광운대학교 교수, 공대학장 역임