

시멘트 산업에서의 환경보전 노력

- 쌍용양회(주)의 자원 RECYCLING 활동을 중심으로 -

이 중 열 (쌍용양회(주) 기술연구소장)
 차 춘 수 (쌍용양회(주) 환경자원사업팀장)
 전 병 용 (쌍용양회(주) 시멘트연구실 부장)

1. 서 론

환경문제는 19세기 산업혁명 이후 급속한 산업활동의 확대와 인구증가로 대두되었으며 초기의 환경문제는 국지적인 문제로서만 인식되었으나 오늘날에는 지구온난화, 오존층 파괴, 산성비, 천연자원의 고갈 및 대량의 폐기물 발생 등 전지구적 문제로 대두되어 세계 모든 국가의 공동노력과 대처가 시급하게 되었다. 이와 관련하여 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약, 유해폐기물의 국가간 이동을 금지하는 바젤협약, 폐기물 해양투기를 금지시키기 위한 런던협약 등 수많은 환경관련 국제조약이 제정되었으며 이러한 국제적 환경하에서 시멘트 산업도 새로운 전기를 맞게 되었다.

시멘트 산업은 시멘트가 19세기초 발명된 이래 값싸고 내구성 있는 사회기반시설의 기초소재를 생산하는 기간산업으로서 사회발전에 공헌하여 왔으나, 그 제조특성상 에너지 다소비 산업으로 석탄이나 석유 등의 화석연료를 사용하고 또한 주원료로서 석회석을 사용하므로 현재 지구온난화의 주요인으로 대두된 이산화탄소를 다량으로 발생한다는 환경적인 측면의 부담을 갖고 있으며, 또한 생산활동 중에 불가피하게 발생하는 분진 등의 오염물질로 인해 환경오염산업으로 인식되어 왔다.

따라서 과거의 시멘트산업의 환경보전 활동은 주로 분진 등 환경오염 물질의 배출억제를 위한 공해방지설비에 대한 투자를 지속적으로 추진해 왔으며 이산화탄소의 배출 저감 측면에서 화석연료의 사용량 감소를 위한 에너지 절감 설비의 투자 및 슬래그 등을 이용한 혼합시멘트 제조가 이루어져 왔다.

그러나 1990년대에 들어와 그동안 매립 및 소각에 의존하던 폐기물 처리가 지하수의 오염, 생태계 파괴, 공기오염 등의 문제점이 대두됨에 따라 감량화, 재이용, 재활용으로 변경되고, 또한 미국 EPA (Environmental Protection Agency)에서 시멘트 소성로를 이용한 재활용이 2차 오염의 발생없이 안정적으로 무해화 처리할 수 있다는 것이 인정된 이래 이제는 시멘트산업에서의 폐기물의 대량처리가 대안으로서 전세계적으로 보편화 되고 있다.

따라서 시멘트산업도 단순히 공장내의 오염물질 배출을 억제한다는 측면에서의 환경보호 개념에서 자원 순환형 사회시스템의 중핵에 위치하며, 지구 환경보호에 공헌하는 산업이라는 보다 발전된 환경보전 측면에서 그 역할이 재조명되고 있다.

본고에서는 폐기물 재활용을 중심으로 태평양시멘트 그룹과 쌍용양회의 환경보전 활동에 대해 간략히 소개하고자 한다.

2. 태평양시멘트 그룹의 환경보전 활동

태평양시멘트 그룹은 배출물의 Zero Emission 실현을 통해 지속 가능한 사회의 구축이라는 목표를 갖고 시멘트산업이 순환형 사회의 핵심이 되는 역할을 담당하는 산업이라고 인식하고, 환경보전 기본방침을 1999년 4월에 제정하여 환경보고서를 통해 공표하였으며, 2000년 4월에 Zero Emission 사업부를 발족시켜 다양한 Recycling 기술을 사업화하고 지구 환경보전과 관련된 국제협력 및 지역사회와의 신뢰 구축을 위한 활동을 추진하고 있다.

가. 환경보전 기본방침 및 환경경영 시스템

태평양시멘트는 시멘트산업의 특징을 살려 지구 환경보전과 순환형 사회시스템을 실현하고자 환경을 배려하는 사업활동, 순환형 경제사회시스템의 핵심이 되는 사업활동, 지구온난화 방지, 국제협력이라는 4가지의 지구환경보전 기본방침을 설정하고, 전사를 통괄하는 지구환경보전위원회를 설치하여 전체 사업부문에 있어서의 환경보전 활동을 전개하고 있으며, 온난화 문제 검토 등 주제별로 8개의 Work Group을 조직하여 운영하고 있다.

나. 환경부하 저감 활동

환경부하 저감을 위한 중점과제로서 지구온난화 대책과 폐기물 및 부산물의 재활용을 설정하여 2010년의 시멘트 제조 에너지를 1990년 대비 3% 저감시킨다는 일본 시멘트업계의 자주행동계획 목표에 따라 폐기물의 대체 연료화를 통한 대책을 추진하고 있다. 또한 시멘트 공정을 이용한 재활용 기술에 의해 2010년에는 시멘트 제조시 부산물 및 폐기물(고로슬래그 포함)의 재활용을 목표로 400kg/t-cement(2001년 280kg/t-cement)으로 설정하여 도시쓰레기, 하수오니 등 산업계 및 생활계 폐기물의 시멘트 자원화를 지속적으로 추진하고 있다.

다. 기술개발

현재 실용화된 주요 폐기물 처리 및 재활용 기술을 간략히 열거하면 다음과 같다.

- 하수오니의 시멘트 자원화
- 도시쓰레기 소각재의 수세처리에 의한 시멘트 자원화
- 도시 생쓰레기의 발효기술을 이용한 시멘트 자원화
- 폐파칭코대, 연질 페플라스틱 등의 시멘트 연료화
- 시멘트 소성로를 이용한 CFC(Chloro Fluoro Carbon)의 분해처리
- 에코 시멘트의 개발 및 실증플랜트 가동

라. 국제협력 및 지역사회와의 신뢰관계 구축

1995년에 세계 160개의 국제적 기업으로 결성된 지속 가능한 발전을 위한 세계경제인회의(WBCSD)의 시멘트산업부회(WGC)에 참여하여 세계의 시멘트 기업과 지구 환경보전 대책 등의 중요과제에 대해 지속 가능한 발전을 위한 자주행동계획을 2002년 7월 파리에서 공동 발표하여 향후 2007년까지 6개의 우선과제 추진에 일익을 담당하고 있다.

지역사회와의 신뢰관계를 구축하기 위해 시멘트 공장에서 새로운 사업이나 폐기물 사용시 지역주민에 대한 설명회 개최나 공장시설 견학 등 대화의 장과 기회를 제공하여 지역사회와의 정보공유를 통해 시멘트산업의 환경보전 활동에 대한 이해를 높이고자 노력하고 있다.

3. 쌍용양회의 환경보전 활동

당사는 국내 시멘트업계 선두주자로서의 역할을 인식하여 대기, 수질, 소음 등의 환경공해 방지를 위한 투자 및 개선활동을 지속적으로 추진해 왔으며,

모범적인 환경관리를 통해 1994년에 국내 시멘트업계 최초로 영월공장이 환경관리 모범사업장으로 선정되고, 1996년에는 ISO14001 환경경영시스템의 인증, 1998년에는 동해공장이 강원지역 환경대상을 수상하는 등 환경보전 활동에 대해 대외적으로 인정을 받고 있다. 또한 시멘트 산업이 천연자원의 다소비형 산업이라는 기존의 바람직하지 못한 인식에서 탈피하고, 점차 심각해져가는 국내 및 지구의 환경오염을 방지하고 천연자원을 보존하는데, 시멘트산업이 유효하고도 가장 안전한 대안이라는 인식을 선도적으로 실천에 옮겨 폐기물 재활용에 의해 시멘트 산업을 중심으로 한 새로운 패러다임 형성에 일익을 담당하고자 하고 있다.

가. 오염물질 배출방지

Bag Filter와 같은 집진설비의 교체 등 대규모의 오염물질의 배출방지 설비에 대한 투자와 더불어 대기분야, 수질분야, 소음분야 등 분야 별로 구분하여 환경목표를 설정하고 제조공정에서의 오염 발생원을 조사 분석하여 세부목표 및 추진프로그램을 운영하고 있다.

오염물질 배출방지를 위한 주요 환경보전 활동은 대기분야에서는 배출분진 방지를 위해 전기 집진기의 상태를 정기적으로 점검하여 노후된 부분을 교체하고 부대설비의 정상화 및 운전조건의 개선에 의해 집진설비의 최적관리상태를 유지하고 있으며, 비산먼지의 배출방지를 위해 분진 발생개소의 밀폐, 인출 및 배출구의 보완 및 개선, 수송설비의 커버 설치 및 소형 Bag Filter 설치 등을 정기적으로 점검하여 실시하고, NOx 감소를 위한 저NOx Burner로의 교체 등을 추진하였다. 수질분야에서는 정기적인 오수정화시설의 보수, 방류수의 회수 및 재활용, 유수분리기의 개선 등을 실시하고 있으며, 소음분야에서는 방음벽 및 흡음벽 설치 등을 통하여 외부로의 소음을 최소화하고 있다.

나. 자원 Recycling

타시멘트사와 마찬가지로 당사도 시멘트 첨가제로서의 슬래그 및 철질 원료 대체재로서 전로슬래그 등은 일찍부터 재활용 되어 왔다. 1992년 국가 G7 연구과제로서 페타이어의 시멘트 소성용 열원이용 기술개발을 성공적으로 연구 수행한 결과를 바탕으로 국가 시범사업으로서 1997년 국내 최초로 영월공장에 페타이어 투입설비를 설치하여 그동안 심각했던 페타이어 처리문제를 해소하는 등 폐기물 재활용을 통하여 국내의 환경오염문제 해결에 선도적인 역할을 담당해 오고 있다. 특히 시멘트산업에서의 효율적인 폐기물 재활용을 위하여 1994년 9월에 전담부서인 환경자원 사업팀을 신설하여, 지구온난화 방지, 매립장 수명 연장, 천연자원 보존이라는 기본 목표를 설정하고 환경의 배려 및 우선, 환경과 경제의 공생, 자원 순환형 사회의 핵이 되는 활동을 전개하여 본격적인 국내 발생 폐기물을 재활용 하기 위한 환경사업을 추진해 오고 있다.

폐기물 처리 및 재활용에 있어서 시멘트 제조공정과 폐기물 처리공정을 비교해 보면 기본적으로 물리적인 처리와 열분해에 이르기까지 <표-1>에 나타낸 바와 같이 그 기본공정이 유사하다. 또한 그 특징과 장점을 보면 시멘트 제조시설인 소성로는 로내온도가 최고 2,000℃에 이르고 충분한 산소분위기 및 난류의 형성으로 그 어떤 유해물질도 완전 분해되어 무해화 처리할 수 있으며, 시멘트의 원료는 80% 이상이 석회석으로 연소가스 중의 황산화물 등이 석회와 반응하여 중화되고 세정되어 유해 배출가스의 발생이 억제된다.

그리고 시멘트 제조공정은 환경 유해물질로 알려진 다이옥신도 분해할 수 있다. 다이옥신은 염소가 함유된 폐기물이 700℃ 이하에서 소각할 때 발생하며 분해되지 않는 것으로 알려져 있어 이의 완전분해를 위해서는 1,200℃ 이상의 온도에서 3초 이상의 체류시간이 필요한 것으로 보고되고 있으며, 시멘트 소성로는 1,450℃ 이상의 온도에서 4초 이상

〈표-1〉 시멘트 제조공정과 폐기물 처리공정의 비교

CEMENT PROCESS	PROCESS PRINCIPLE	WASTE TREATMENT
↓		COLLECTION/TRANSPORTATION
QUARRING		↓
↓		CRUSHING/COMPRESSING
CRUSHING		↓
↓	【PHYSICAL TREATMENT】	SHREDDING
FINE GRINDING	MECHANICAL	↓
↓	SIZE REDUCTION	INCINERATION
BLENDING		or
↓	【THERMAL TREATMENT】	PYROLYSIS
PREHEATING	THERMAL DECOMPOSITION	↓
SINTERING(1,450℃)		COOLING
↓	or	ASH
COOLING	OXIDIZATION	↓
↓		LAND FILLING/SOLIDIFICATION
PRODUCT		

체류되므로 다이옥신이 완전 분해되고 배출가스는 150℃ 이하로 급냉되므로 재결합에 의한 발생도 없다.

〈표-2〉는 환경부에서 발표한 2002년 산업별 배출가스 및 2000년 폐기물 소각시설 배출가스에 대한 다이옥신 농도 조사결과로서 시멘트 및 석회제조업의 경우 폐기물 소각로에 비해 그 농도가 극히 낮으며, 선진국에서도 시멘트 소성로를 유해 폐기물 처리시설로서 인정하고 있다. 또한 2차 오염 발생원인 재의 발생도 없이 대규모의 처리가 가능하고 기존시설을 그대로 활용할 수가 있다는 경제적인 장점도 갖고 있다.

〈표-3〉은 고로슬래그를 제외하고 나타난 국내 및 일본 시멘트업계의 폐기물 자원화 현황(양회협회의 통계자료 참조)으로 국내 시멘트업계의 경우 일본의 약 30% 수준에 불과하다. 당사의 경우 1997년 이후 폐기물 재활용을 본격적으로 추진하고 있으며 현재 업계 전체 처리량의 약 40% 정도를 점유하고 있고 업계 선두주자로서 산업 및 생활계에서 발생하는 각종 폐기물을 원, 연료의 대체재로서 재활용에 주도적인 역할을 수행하고 있다.

당사에서 현재 재활용 중인 폐기물은 원료 대체원으로서 화력발전소의 석탄회를 비롯하여 폐주물사,

〈표-2〉 산업별 배출가스 다이옥신 농도 조사결과

(단위 : ng-TEQ/Nm³)

구 분	철 강		제강, 합금철 전기로	비철금속 용융, 전기로	시멘트 소성로	산업폐기물 소각로
	전처리	코우크스				
농 도	0.62	0.02	0.09	0.12	0.003	21.5

주) 시멘트 소성로는 당사 설비에 대한 환경관리공단 측정결과 산업폐기물 소각로는 대형 소각로에 대한 2000년 환경부 발표자료

<표-3> 시멘트업계의 폐기물 재활용 현황

(단위 : 천톤)

구분	1999년	2000년	2001년
국내	4,548	4,813	5,229
일본	14,135	15,197	16,146

슬러지류 등이며, 연료 대체원으로서 페타이어, 폐유, 폐합성고무, 폐플라스틱, WDF 등이며, 페타이어의 경우 소형타이어를 기준으로 연간 약 1,500만개 정도를 재활용하고 있다

그리고 화력발전소에 탈황설비가 가동됨에 따라 부산물로서 발생하는 탈황석고를 시멘트 응결조절제로서 사용하고 있으며, 특히 지정폐기물로 분류되어 소각처리 또는 불법으로 하천 및 하수구에 방류처리 되었던 폐부동액을 시멘트 분쇄시 사용되는 분쇄조제로서의 재활용 가능성에 대해 확인하고, 원주지방환경청과 환경유해성 평가 등을 실시하여 폐부동액을 분쇄조제로서 재활용 할 경우 환경적으로 안정적이고 무해하게 처리 할 수 있는 것으로 평가되어 재활용 중이며 관련 특허도 보유하고 있다. 또한 현재 재활용이 거의 이루어지지 못하는 하수오니를 재활용하기 위하여 시멘트 소성로에 직투입하는 방식의 처리시설을 대평양시멘트의 기술을 도입하여 영월공장에 설치하였으며, 향후 급증될 것으로 예상되는 유무기성 오니류의 유효한 처리방안이 될 것으로

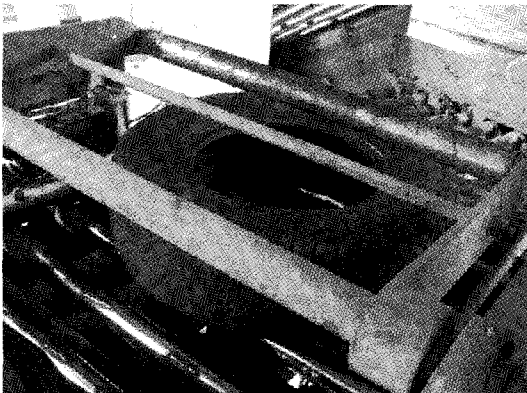
로 기대된다.

<표-4>는 당사의 폐기물 재활용 현황 및 향후 추진계획을 정리한 것으로 산업계 및 생활계에서 발생하는 다양한 폐기물의 시멘트 자원화에 의해 시멘트 산업을 중심으로 사회 전체의 폐기물 발생을 극소화하는 산업구조의 재편성을 통하여 자원 순환형 사회 구축 및 환경부하의 저감에 노력하고 있다.

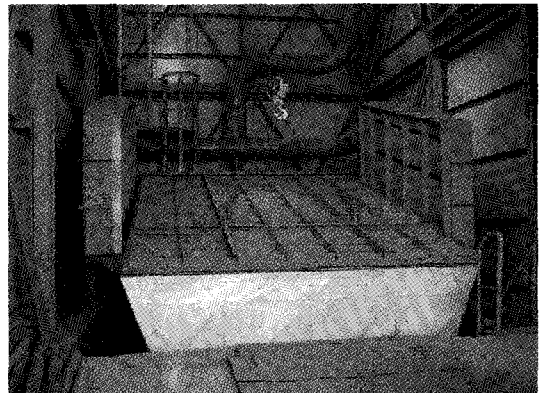
다. 연구개발

당사는 1975년 민간기업 최초로 대덕연구단지에 연구소를 설립하여 시멘트 제조공정 개선과 특수시멘트 제품개발에 선도적인 역할을 담당하여 왔으며, 특히 1992년 국가 G7 과제로서 수행한 페타이어의 시멘트 소성용 열원 개발연구에 착수하여 국가시범사업화를 성공적으로 수행한 이래 환경부문의 연구개발 기능을 강화하여 정부, 학계, 산업계 등과 공동으로 다양한 환경과 관련된 연구를 수행하여 왔다.

시멘트 제품측면에서는 혼합시멘트에 관한 연구는 물론 환경부하 저감형인 벨라이트 시멘트를 국내에서 독자적으로 개발하여 LNG생산기지 건설에 사용되어 제품의 우수성을 입증하였고, 자기정화 및 NOx 등의 배기가스 제거 기능에 의해 도심공해의 주요인으로 알려진 자동차 배기가스 문제를 해결할 수 있는 광촉매 시멘트 개발과 관련 하여 국가과제



<사진-1> 페타이어 정량 투입설비



<사진-2> 하수오니 투입설비

〈표-4〉 폐기물 재활용 현황 및 확대 추진 계획

구 분	현재 재활용 중인 Item	재활용 확대 추진 Item
연료 대체	- 페타이어 - 페플라스틱, 폐고무 - 폐유 - 선박폐유(B.C유 대체)	- 연질류 페플라스틱 - 폐차 더스트 - 페토너 외
원료 대체	- 폐주물사 - 석탄회, 슬러지류 - 회수 Slag, Shot Ball 폐재	- 상, 하수오니 탈수 케이크 - 제철 슬러지, 레미콘 슬러지 등 - 각종 건축 폐기물 등
첨가재 대체 등	- 탈황석고 - 제지 소각회, 폐촉매 - 폐부동액	

로서 소음 및 배기가스 저감 환경친화 콘크리트 개발연구를 협동연구기관으로서 수행중이다. 또한 폐기물 재활용과 관련되어 산업 폐부산자원을 활용한 시멘트제조기술 개발 및 실용화연구, 시멘트 키른을 이용한 산업폐기물 중 고상 난분해성(폐고무, 페플라스틱) 및 유독성 물질(폐유기용제)의 고온 열처리 기술개발, 소각재 안정화 및 재활용 기술에 관한 연구 등의 국가과제를 수행하였으며, 현재 21세기 프론티어 연구개발 사업의 하나로서 철강산업 슬러지의 복합처리에 의한 실용화 기술개발 과제를 수행하고 있는 중이다. 그외에도 수질환경을 개선하기 위한 당사의 독자적인 연구개발의 성과로 다공성 세라믹 담체를 이용한 생물학적 처리를 주공정으로 하고 물리화학적 처리기술을 결합한 고농도 유기성 폐수처리시스템(쌍용 HYCEM공법)을 사업화하고 지자체의 축산폐수 공공처리시설, 쓰레기 매립지 침출수 및 하수처리 시설 등에 적용하여 실적을 쌓아 가고 있다.

4. 결 언

이상으로 폐기물 재활용을 중심으로 태평양시멘트 그룹 및 쌍용양회의 환경보전 활동을 간략히 살

펴보았다. 선진국 시멘트 산업의 경우 이미 이십 수년 전부터 폐기물 재활용을 추진해 왔으며 미국의 경우 시멘트 소성로를 우수한 폐기물 처리시설로 고시한 이후 소각처리 되는 폐기물의 33%가 시멘트 소성로에서 열원으로 재활용 되고 있고, 일본의 경우도 정부와 지자체의 관심과 적극적인 법적, 제도적 지원으로 연료와 원료로 사용되는 폐기물의 양이 일본 전체에서 발생하는 폐기물의 18% 정도에 이르고 있다. 국내 시멘트산업에서의 폐기물 재활용이 선진국 수준까지 도달하기 위해서는 환경문제가 우리 모두의 문제라는 인식하에서 정부의 법적, 제도적 지원과 더불어 지자체 및 국민 모두의 애정어린 관심이 더욱 절실하다고 할 수 있다. 당사를 비롯하여 국내시멘트 업계는 환경을 최우선의 경영방침으로 설정하고 환경경영시스템을 운영하면서 오염물질의 배출억제는 물론 폐기물을 완전 무해화 처리하는 시멘트 제조공정의 장점을 살려 폐기물 재활용에 의한 환경문제의 해결사로서의 역할을 수행해 나가고 있다.

본고를 통하여 지속 가능한 발전과 자원 순환형 사회체제 구축의 일익을 담당하는 환경친화산업으로서의 시멘트산업에 대한 이해의 폭을 넓히는데 도움이 되기를 기대한다. ▲