

## 폐자원의 에너지 · 자원화

안지환\* · 유광석

<한국지질자원연구원>

### 1. 서 론

최근 시멘트 산업에서의 폐기물 사용을 두고 많은 우려와 걱정의 소리가 높아지고 있다. 과거 1970년 시멘트 산업은 철강 산업과 더불어 국가 발전에 필요한 도시 건설 및 사회 간접 시설 확충을 가능케 한 주요 산업을 인식되어왔다. 그러나 시멘트 산업 특성상 언제나 환경 파괴에 대한 부담을 안고 있었던 것도 사실이다. 다량의 시멘트 생산을 위해서는 많은 천연 광물 자원의 소실이 불가피하였으며, 시멘트 클링커 생성 시 발생하는 공기 환경오염 물질 배출은 언제나 환경 사회단체의 관리 대상이 되어 왔다.

선진 사회 시설의 구축 과정에서 대형 국가 간접 시설 확충 사업과 도시 개발을 통해 시멘트 기업들은 경제적 호황을 누렸으며, 대기업으로 성장하였다. 그러나 1990년대 후반에 들어 국가 경제성장 둔화와 함께 금융 위기가 오면서, 국내 시멘트 산업의 기반도 크게 약화되었다. 특히 시멘트 기업은 대기업화되면서 이와 같은 시대적 변화에 제대로 적응하지 못하게 되었고, 독자적 자립이 불가능한 기업도 나타나게 되었다. 최근 시멘트 기업은 건설경기의 둔화와 함께 광물 자원의 확보가 어려워지면서 수익 구조가 더욱 악화되고 있다.

이러한 시멘트 산업의 구조적 변화는 비단 국내의 문제만은 아니었다. 우리와 산업 구조가 비슷한 가까운 일본 역시, 국내 시멘트 수요가 감소하면서 기업의 매출 실적도 함께 감소하였다. 그러나 일본의 시멘트 기업들은 지역적인 또는 기술적인 합병을 통해 시멘트 수익 구조 개선에

힘썼으며, 친환경 · 저에너지 생산 공정의 개발 등을 통해 생산 단가를 낮추는데 많은 공을 들였다. 특히 산업 부산물 및 도시 쓰레기와 같은 폐기물의 시멘트 원료화 기술 개발을 통해 친환경 산업으로의 이미지 개선에도 많은 노력을 하였다. 이러한 결과로 세계적 규모와 경쟁력을 갖는 시멘트 기업이 탄생되었으며, 일본 국내뿐만 아니라 타 국가의 시멘트 산업에도 진출하여 글로벌 그룹으로 성장하고 있다. 이러한 기업 성장의 배경을 보면, 시멘트 기업의 자구적 노력과 함께 정부, 지자체의 노력이 함께 있었다. 시멘트 기업은 수익 구조 개선과 함께 원료 및 연료의 원가 절감을 위해 많은 노력을 하였다. 특히 천연 광물 자원을 대체할 산업 부산물 및 다양한 폐기물의 시멘트 원료화를 위해 많은 노력을 기울였다. 특히 폐기물을 원료로 사용하는데 있어 환경적 고려와 함께 정부 및 지역 사회의 우려를 없애기 위한 많은 연구 자료를 축적하였다. 이러한 연구는 산·학·연의 연구 교류를 통해 검증되었으며, 검증된 자료를 중심으로 정부는 관련 규격 및 Guild line을 제시하여 자원 재활용을 위한 국가적 체계를 구축하기 위해 노력하였다. 또한 폐자원을 이용한 시멘트의 사용을 국가 간접 시설 및 지역 공공시설에 우선적으로 사용함으로써 폐기물 자원화에 대한 긍정적 평가를 받기 위해 노력하였다. 더 나아가 시멘트 공장이 도시 인근에 지어지는, 과거와는 다른 형태의 시멘트 공장이 구축되고 있다. 동경의 인근에도 시멘트 공장이 지어졌는데, 이는 Eco-cement 형태의 신 개념 시멘트 공장이라 할 수 있다. 일반적으로 시멘트 산업의 구조적 특성 상 원료

광물의 수급이 가장 용의한 곳에 위치하는 것이 일반적이다. 이러한 이유로 과거의 시멘트 공장은 석회석 광산을 중심으로 개발되어져 왔다. 그러나 최근 일본의 신 개념 친환경 시멘트 공장은 산업 및 도시 폐기물을 자원으로써 활용하기 위해 폐기물의 발생지 인근에 시멘트 공장을 설립하고, 또한 수요 폐기물의 운송비를 낮추고, 다양한 형태의 산업 부산물을 자원으로써 재활용하기 위해 노력하고 있다.

본고에서는 이러한 시멘트 산업의 환경 정책 및 자원 재활용 역할에 대한 국내 시멘트 산업의 환경 분야에서의 역할에 대해 기술하고자한다.

## 2. 본 문

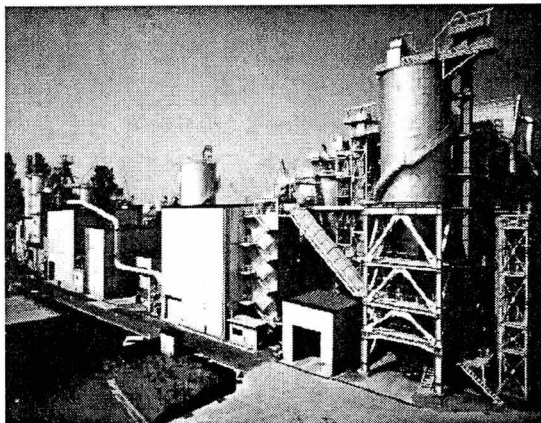
일본의 후생성과 통상성은 매년 증가하고 있는 폐기물을 친환경적으로 처리하기 위해 「Zero-emission Project」를 각 지방 자치단체의 「환경 조화형 경제사회 형성 계획」의 기본 계획과 조화시켜 선진적인 환경 조화형 사회를 구축하고자 1997년부터 「Eco-town사업」을 제시하였다.

이러한 사업의 결실로 1990년 후반 일본에는 나가노현, 카와사키市, 기타규슈, 케후현, 후쿠오카현, 치바현, 삿포로현의 7개 Eco-town이 건립되었다. 특히 치바현에 2001년 4월에 완공된

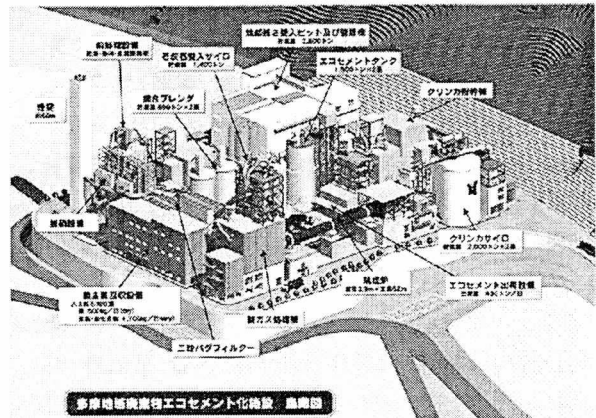
Eco-cement plant는 치바현 인구의 1/4인 200만 명분의 소각재 6.2만 톤과 산업폐기물 2.8만 톤에 석회석 등의 천연 원료를 시멘트 주 원료로 하여 연간 110,000톤의 Eco-cement를 생산하고 있다. 더 나아가 2004년 1월 동경 인근에 착공된 Eco-cement plant는 동경의 약 380만 인구의 생활계 폐기물 소각재를 전량 시멘트 원료화 하여 연간 9만 톤의 시멘트를 생산할 수 있는 공장을 건립하고 있다.

이러한 친환경 산업으로의 시멘트 산업 발전은 시멘트 원료로 폐기물을 사용하였을 경우, 우려되는 시멘트의 품질 및 환경적 안전성에 관한 시멘트 업계와 학계의 지속적이고 장기적인 연구와 지자체의 협조가 있었다. 예를 들면 폐기물의 원료로 사용하는데 있어 다이옥신 및 중금속 농축에 대한 문제점을 해결하기 위해 관련 기술 개발 및 검증이 이루어졌다.

또한 일반 시멘트 공장에서의 폐기물 사용의 대표적 사례로 사이타마현에 있는 시멘트 공장 사례를 들 수 있다. 일본 사이타마현은 양질의 석회석이 매장되어 있어 태평양 시멘트의 3개 공장과 (주)미쯔비시 Material의 시멘트 공장이 있는 대표적인 시멘트 생산 지역이다. 1990년 후반, 사이타마현 내에 폐기물의 발생량 증가와 인근 도시에서 발생하는 폐기물의 유입 량 증가, 해양 매립에 의한 최종 처리가 금지되면서 사이타마현은 폐기물 처리에 많은 어려움이 있었다. 이에 사이타마현은 광



<일본 치바현 Eco-cement plant 전경>



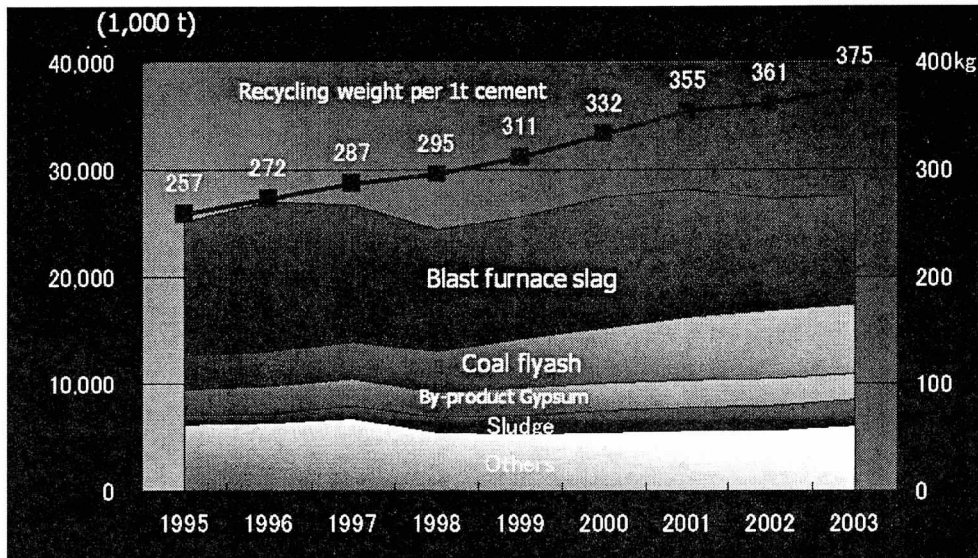
<Eco-cement Commercial Plant>

<그림 1> 일본의 에코 시멘트 공장의 전경

<표 1> 1996년 사이타마현 시멘트 공장에서의 폐기물 처리량

(단위: 톤)

|         | 태평양시멘트(주)<br>秩父공장 | 태평양시멘트(주)<br>熊谷공장 | 태평양시멘트(주)<br>사이타마공장 | (주)미쯔비시<br>Mateiral | 합 계       |
|---------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| 고로슬래그   | 87,700            | 421,800           | 114,920             | 30,600              | 665,020   |
| 부산 석고   | 53,100            | 70,900            | 55,070              | 32,300              | 211,370   |
| 석탄회     | 5,400             | 76,000            | 89,390              | 20,700              | 191,490   |
| 비철광미    | 47,300            | 83,000            | 45,850              | 11,600              | 187,750   |
| 전로슬래그   | 39,000            | 33,200            | 69,120              | 35,600              | 176,920   |
| 슬러지     | 5,700             | 120,600           | 11,870              | 28,900              | 167,070   |
| 미연탄 더스트 | 18,700            | 15,600            | 4,260               | 26,700              | 65,260    |
| 주물폐사    | 21,300            | 12,500            | 5,620               | 2,000               | 41,420    |
| 페타이어    | 9,000             | 6,900             | 4,090               | 14,000              | 33,990    |
| 건설폐재    | 0                 | 25,770            | 0                   | 20                  | 25,790    |
| 폐유      | 4,200             | 7,100             | 2,930               | 200                 | 14,430    |
| 廢白토     | 0                 | 1,200             | 0                   | 0                   | 1,200     |
| 기타      | 600               | 1,500             | 50                  | 300                 | 2,450     |
| 합 계     | 292,00            | 876,070           | 403,170             | 202,920             | 1,774,160 |



<그림 2> 시멘트 제조 시 폐기물이 차지하는 비율

역적인 폐기물처리 및 재활용 시스템의 구축을 위한 일환으로 시멘트 공장의 생산 설비에 서 각종 폐기물의 원료 또는 연료로 활용하기 위한 사업을 1996년도에 구체적으로 실시하였 다. 그 결과 1994년 사이타마현의 일반폐기물

배출량은 약 222만 8천 톤이 이었으며, 최종 처분된 양은 35만 1천 톤이었다. 이중 13만 9 천이 사이타마 현 외에서 처리 되었다. 또한 산 업폐기물의 총 배출량은 약 114만4천이었으며, 이중 100만 7천 톤이 현 외에서 처분되었다.

그러나 1996년도 이후 시멘트 공장에서의 폐기물 원료화 및 연료화를 통해 많은 양의 폐기물을 자원화 하였다. 표 1은 1996년도 사이타마현의 시멘트 공장에서의 폐기물 처리량을 나타내고 있다. 표에서와 같이 고로슬래그, 부산석고, 석탄회, 비철광미 등이 주로 시멘트 원료로 사용되어졌으며, 폐타이어, 폐유 등이 시멘트 제조 원료로 사용되어졌다. 최근 이들 공장에서는 하수 슬러지 소각재, 정수슬러지 등 도시형 폐기물도 원료화 하고 있다. 이러한 시험적인 사례를 통해 검증된 결과를 통해 일본 시멘트 산업에서의 폐기물 사용은 매년 증가하고 있다. 실제로 일본 시멘트 업계에 있어서의 폐기물(산업부산물 포함) 사용량이 2004년도에 시멘트 1톤 당 400kg을 넘었다. 이는 시멘트 생산량의 감소 속에서 연구 및 기술 개발을 통해 얻은 결과로써, 4억 톤의 산업폐기물과 5000만톤의 일반 폐기물이 매년 발생하는 일본에서 전체 폐기물의 6%를 시멘트 산업이 재 자원화하고 있으며, 산업폐기물 만을 한정한다면, 7% 이상이 된다. 이러한 결과로 볼 때 향후도 순환형 사회에서의 시멘트 산업의 역할을 가늠할 수 있다.

일본의 사례에서 볼 수 있듯이 폐기물 재자원화 및 활용을 위해 시멘트 산업이 갖는 역할은 매우 중요하다. 특히 일본의 경우, 시멘트 기업 내의 자체 검증 프로그램 및 연구 개발과 함께, 중앙정부 및 지방 정부 차원에서 환경적 안전성 확보를 위한 지속적인 지원이 있었다. 즉 자원순환형 사회에서의 시멘트 산업의 역할을 인정받기 위해서는 시멘트 기업의 노력이 우선되어야 하며, 이러한 노력에 정

부 및 지자체의 협조가 요구된다. 그러나 국내의 시멘트 산업은 기술적인 부분과 함께, 환경적 고려의 부재가 매우 심각하다. 이를 해결하기 위해서는 각 시멘트 기업의 지속적인 자료 수집 및 자사의 제품의 품질 검증을 위한 자료 수입에 주의를 기울여야 할 것이다. 이는 사회를 이해하고 설득하는데 매우 중요한 자료로 사용될 수 있기 때문이다. 또한 우리 사회가 안고 있는 시멘트 산업의 역할에 대한 보다 불명확한 명제를 해결하기 위해서는 산·학·연의 지속적인 연구 개발과 함께 전문가 육성 및 양성이 요구되며, 보다 객관성을 갖기 위해 전문 공공 연구 기관 구축이 필요하다고 판단된다.

### 3. 결 론

시멘트 산업이 자원 순환형 사회에서 공헌하기 위해서는 필수적으로 기술 개발과 법률적 개선이 요구되나, 무엇보다도 중요한 것은 친환경·자원순환형 사회 구축을 위한 시멘트 산업의 역할에 대한 사회의 이해를 얻어내는 것이 매우 중요하다. 시멘트 산업이 폐기물의 재자원화에 기여하고 있음에도 사회의 동의를 얻지 못하면 폐기물의 사용은 단지 원가 저감을 위한 경제 논리에 의한 기업 이기주의로 비추어질 것이다. 또한 지속적인 관련 기술의 개발과 환경적 검증을 위한 노력이 산·학·연에서 이루어져야 하며, 이를 위한 정부의 지원도 꾸준히 있어야 한다고 판단된다.