

한국 시멘트 산업의 친환경 정책에 대한 제언

Solving Direction of the Environmental Friendly Policy in Korea Cement Industry



최 롱*
Long Choi



권영진**
Young-Jin Kwon

1. 머리말

시멘트 산업은 석회석을 주원료로 하여 시멘트 1톤당 약 1.3톤의 석회석 자원과 1톤의 지구 온난화가스의 하나인 탄산가스를 다른 산업에 비하여 다량 배출하는 산업이다. 이에 따라 자연환경의 훼손과 지구의 기후환경에 많은 변화를 주고 있다. 반면에 다른 산업에서 발생하는 유해 중금속류 등의 각종 산업 폐기물을 고화처리하거나, 소각 처리함으로써 자연환경의 보존과 생활환경의 정화에도 일익을 담당하고 있다. 이와 같이 시멘트는 환경에 관해서 훼손과 정화의 양면성을 가지고 있다.

한편 1997년 일본 교토에서 합의된 지구 온난화 방지 국제 회의에서 참가국은 2010년 이후 온난화가스 배출량을 1990년 수준 이하로 삭감기로 협약하고, 선진국의 경우 2008년부터 5년에 걸쳐 1990년 대비 평균 5.2%를 감축할 것을 의무화하고 있다. 우리나라는 대외무역에 의존하여 경제발전을 유지하는 자원 빈국으로써 이 협약에 따르지 않을 수 없는 실정이며, 본 협약이 발효되면 한국 시멘트 산업은 시멘트 클링커의 생산량을 50% 이상이나 감축하지 않으면 안되는 상황에 직면할 것이 확실시된다.

이러한 국내의 요구에 대하여 한국 시멘트 산업이 대응해야할 당면 과제는 매우 어렵고 난감한 상황이 될 것이다. 즉 자연환경의 훼손을 최소화하면서 산업폐기물은 최대한 활용하라는 사회적 요구와, 시멘트 클링커의 생산량은 절반 이하로 줄이면서 시멘트 공급량은 현 수준

을 유지하라는 건설시장의 요구를 동시에 만족해야 하기 때문이다. 이는 국가 경제의 장래와 시멘트 산업의 운명을 걸고 우리 사회가 정부와 함께 백년대계로 추진해야할 일들이다.

지난 반세기 동안 세계 시멘트 산업계에서는 수요 중심이 구미에서 아시아로 이전하고 시멘트 메이저회사가 착실히 성장하여 세계 시장을 석권할 태세를 갖추고 있는 동안에 한국 시멘트 산업의 성장 과정을 <표 1>에 요약하였다. 지난 반세기를 10년 주기로 5단계로 구분하여 1950년대를 도입기로 하고 IMF 직후 세계 시멘트 메이저회사가 한국에 상륙한 1990년대를 쇠퇴기로 하였다. 왜냐하면 21세기 한국의 시멘트 산업은 이들 메이저 회사에 의한 새로운 단계로 접어들 것이 분명하기 때문이다.

즉 현재 한국 시멘트 산업은 시멘트 메이저회사의 세계화 전략에 따라 좌우될 입장이 되어가고 있다. 따라서 향후 시멘트 메이저업계의 세계화 전략과 우리 시민사회의 요구를 수렴한 정부의 산업정책과는 서로 이해가 상충될 것이 예상된다. 따라서 본고에서는 최근의 한국 시멘트 산업이 당면한 문제점들을

표 1. 한국 시멘트 산업의 성장 과정 5단계

단계	도입기 (1953 ~ 1962년)	도약기 (1963 ~ 1972년)	성장기 (1973 ~ 1982년)	성숙기 (1983 ~ 1992년)	쇠퇴기 (1993 ~ 2002년 이후)
산업환경	전후복구사업 UNKRA지원	경제개발 5개년 계획	수출진흥정책 석유과동	주택건설 올림픽특수	SOC투자확대 환경규제
생산설비	습식킬른	Lepol, 건식SP	SP, NSP	NSP	New-NSP
생산능력	54만톤	700만톤	2,000만톤	4,600만톤	6,300만톤
품종	1종	1, 2종	1, 2, 5종	1~5종, 초속경	1~5종, 초저열
수급상황	공급부족 수입 6만톤	수출개시 수출 100만톤	중동특수 수출 580만톤	내수폭등 수입 710만톤	수요 폭등락 수출 430만톤
유통수송	Bag시멘트 철도수송	클링커 철도수송	수출전용항 분쇄공장확대 수출 50\$/톤	선박연안수송 벌크트럭수송	레미콘활성화 유통기지확대
가격	-	8,000원/톤	연료대체 품질향상	46,000원/톤	60,000원/톤
기술력량	플랜트운전 기술습득	가동율향상 공정안정	연료대체 품질향상	공정자동화 신소재개발	레미콘운영 폐자원활용
경영전략	-	전후방사업 진출제지, 등 그룹화 개시	해외시장개척 생산능력확대	플랜트수출 사업다각화 그룹화확대	구조조정 자산매각 외자유치

* 정희원, (주)포카시 대표이사
pocasi21@hanmir.com

** 정희원, 호서대학교 소방방재학과 교수

환경문제와 결부시켜 친환경적 요소와 친환경적에 반하는 문제에 대하여 객관적으로 정리하여 봄으로서 향후 친환경산업으로 거듭나기 위한 종합적인 환경대응방안을 모색하고자 한다.

2. 시멘트와 환경문제

2.1 환경훼손 측면

2.1.1 자연경관에 대한 파괴관점과 대책

우리 한민족이 5,000년을 살아온 한반도는 백두대간을 축으로 한 자연경관을 이루고 있으며 또 이 백두대간에는 대부분의 국립공원과 천연보호림 보호구역으로 지정되어 있어 자연 생태적 가치가 클 뿐만 아니라 주요 하천의 수원을 이루고 있어 수자원관리 상에도 중요한 위치를 차지하고 있다. 더욱이 한반도가 아시아 몬순기후대에 속하여 연간 대부분의 강수량이 7, 8월 우기에 집중된 기후조건에서 보면 백두대간이 함양하고 있는 수자원의 가치는 더욱 커진다. 그러나 불행하게도 한국의 시멘트 산업은 대부분 이 백두대간의 석회석 자원에 의존하여 성장하여 왔다. 현재 연간 5,500만 톤의 시멘트 클링커를 생산하기 위해서 약 7,000만 톤의 석회석이 채굴되고 있다. 이렇게 막대한 량의 석회석이 백두대간의 정상에서부터 층층이 계단식으로 깎여져 노천채굴 방식으로 채광된 결과, 수려한 자연경관이 황량하게 훼손되었음은 물론 수자원의 원천마저 고갈되고 있다. 따라서 이에 대한 근본적인 대책이 필요한 것이다.

이러한 경향은 우리나라에만 국한되는 상황이 아니라 시멘트 산업이 발달된 대부분의 나라에서도 유사한 상황이나, 세계 시멘트메이저인 프랑스 라파르사가 운영하는 파리 근교의 노천 석회석 광산은 개발과 생태 복원을 동시에 시행함으로써, 환경 오염 방지는 물론 주변 경관과 자연스럽게 조화를 이룬 생태공원이 되어있다. 이 생태공원은 지역사회 시민들의 휴식공간으로, 자연생태 학습장으로, 나아가 지속 가능한 개발의 모델로 많은 방문객을 끌어들여 지역경제에도 크게 이바지하고 있다. 또한 더욱 바람직한 사례는 캐나다 서부 밴쿠버시 인근 브리티시 콜롬비아주의 수도 빅토리아시 외곽에 있는 '부차드가든'이다. 이 가든은 본래 황폐하게 버려진 석회석 광산과 시멘트공장이었다. 이 공장에서 공장장으로 은퇴한 부차드씨 부부가 1904년부터 남은 여생을 바쳐 공원으로 꾸꾸어 빅토리아시 당국에 기증한 것으로 60주년을 맞이한 1964년부터는 세계적인 관광 명소로 알려져 매년 100만 명 이상의 관광객이 다녀가 시 재정 수입에 큰 몫을 담당하고 있다.

이와 같이 석회석 채광은 장기적인 안목을 가지고 지역사회와 협력하여 지역의 자연경관과 조화를 이룰 수 있는 종합적인 계획을 가지고 해야 한다. 먼저 석회석 채굴지의 생태복원 계

획을 수립하고 채광과 복원을 동시에 병행하여 시행하면 석회석 채광에 따른 자연경관의 훼손 문제의 해결은 물론 경제적인 이익까지도 가져다 줄 수 있다는 외국의 사례 등을 주시하여야 할 것이다.

2.1.2 지구 온난화가스(탄산가스) 배출문제와 대책

시멘트의 주원료인 석회석은 화학식으로 $\text{CaCO}_3(\text{CaO} \cdot \text{CO}_2)$ 로 표기한다. 이 화학성분에서 알 수 있듯이 1톤의 석회석이 분해되어 시멘트 클링커가 되기 위해서는 440kg의 탄산가스가 배출된다. 따라서 5,500만 톤의 시멘트 클링커 생산에는 석회석 원료만 가지고도 2,400만 톤 이상의 온난화가스가 배출되게 되어있다. 또한 1,450°C의 고온 소성에는 유연탄 등 화석연료가 대량 사용되고 시멘트 클링커의 분쇄 등 중후장대환 설비가 동에 화석연료로 만든 전기에너지가 다량 소모된다. 그리고 원료 운반이나 제품 수송에도 중유 등 비교적 많은 량의 석유 연료가 소모되고 있다. 즉, 시멘트 산업은 시멘트 톤당 약 1톤의 탄산가스를 배출하는 지구 온난화가스 배출 산업인 것이다.

전술한 바와 같이 1997년 12월 일본 교토에서 개최된 지구 온난화를 방지하기 위한 국제회의에서 각 국은 2010년 이후 온실가스 배출량을 1990년 수준 이하로 삭감기로 하고 각 국의 목표를 설정기로 한 바 있다. 선진국의 경우 2008년부터 5년에 걸쳐 1990년 대비 평균 5.2%를 감축할 것을 의무화하고 있으나 이미 도로 항만, 주택 등 사회기반시설을 구축하고 산업개발이 완료되어 저 성장 시대로 접어든 선진국의 경우, 이러한 감축은 그다지 어려운 사안은 아니다. 그 이유는 축적된 자본과 기술력으로 시멘트 생산시설을 에너지 효율이 높은 설비로 대체하고, 산업폐기물을 시멘트 혼합재로 50% 이상 사용할 수 있는 기술과 제도가 확보되어 있고 또한 시멘트 시장에서 수급 상 문제가 발생하면 이미 자국의 시멘트메이저를 앞세워, 개발도상국에 투자해 놓은 해외거점의 공장에서 생산하고 들어오면 해결되는 길도 마련되어있기 때문이다.

그러나 선진국에 비하여 사회기반시설이 부족하고 적어도 년 6~7% 수준의 성장이 필요한 경제구조를 갖고 있는 우리나라의 경우 큰 문제가 아닐 수 없다. 더욱이 이를 수용해야할 시멘트 산업은 IMF 보다도 더 흑심한 구조조정에 시달려야 할 것이다. 이러한 온난화가스 저감을 위한 기후변화 방지 국제협약에 대비하기 위해서는 영국에서 2001년 4월 1일부터 시행되고 있는 '기후변화 협약세'와 같은 탄소세를 온난화가스를 대량 배출하는 시멘트, 철강 및 발전산업 등에 부과하는 문제를 진지하게 검토해야 한다. 그리고 시멘트규격을 EU시멘트규격을 원안으로한 ISO규격과 합치시켜 온난화가스 배출원인 석회석과 화석연료의 절감 효과가 큰 혼합시멘트의 제조와 사용을 보다 용이하게 해 주어야 한다. 예를 들면 시멘트 제조에 있어

서 시멘트 클링커 사용량에 따라 차등의 누진적 탄소세를 부과하는 데, 클링커의 사용 비율이 50%가 되는 혼합시멘트에 대해서는 탄소세 부과를 면제하고, 이 사용 비율을 탄소세 부과 면제의 기점으로 하여, 사용 비율 증가에 따라 단계별로 누진 세율을 적용하는 것이다. 따라서 클링커 사용 비율이 60% 정도 되는 고로시멘트나 플라이애쉬 혼합시멘트는 지금의 1종 보통시멘트와 같은 세율이 적용되도록 하고, 이 이상의 시멘트에 대해서는 과중한 탄소세를 부과한다. 즉, 클링커를 95% 이상 사용하는 지금의 1종 보통시멘트는 가장 과중한 탄소세를 물리게 함으로써, 시멘트 제조업체가 스스로 이의 생산을 기피하게 유도하는 것이다.

다른 한편으로는 클링커의 사용 비율이 50% 이하인 혼합시멘트의 제조나 이에 준하는 콘크리트의 혼화재 사용에 대해서는 시멘트 클링커의 대체 비율에 따라 오히려 온난화가스 절감 장려금을 주는 제도를 병행한다. 이런 제도를 시행하면 시멘트를 소비하는 레미콘 등 콘크리트 산업과 건설산업이 혼합시멘트나 혼화재를 적극 사용하게 되어 이의 수요 기반이 자연스럽게 구축된다. 혼합 시멘트가 지금의 보통 시멘트가 되도록 시멘트 소비 패턴을 바꾸는 것이다. 이와 같은 시멘트 산업 정책은 기후변화 방지를 위한 국제협약을 이행하면서 시멘트 산업의 존립 기반을 구축하는 데에 필수 조건이 될 뿐 만 아니라, 국가 총체적인 에너지 절감은 물론 석회석의 사용량 감소로 자연경관의 훼손을 줄이는 효과도 겸해서 나타나게 될 것이다.

2.2 환경보존 측면

2.2.1 시멘트에 의한 폐기물의 고화처리

유해한 폐기물을 안전하게 처리하는 방법에는 시멘트 고화처리라고 하는 방법이 널리 이용되고 있다. 이 방법은 본래 토목분야에서 단단하지 못한 연약지반을 시멘트나 석회 등을 혼합하여 토질을 단단하게 개량하는 방법으로 오랜 역사를 갖고 있다. 이러한 방법을 슬러지, 분진과 같은 단단하지 못한 폐기물의 처리에 응용한 것이 폐기물의 고화처리이다. 폐기물을 고화처리하는 것은 폐기물의 제반 물리적 특성을 개선하여 취급을 용이하게 하고, 또한 오염 물질의 용해도를 감소시켜 유해 중금속 성분이 녹아 나오지 않도록 하거나 지연시키는 메커니즘으로서 이들 고화처리 방법들의 주요 특성을 비교하면 <표 2>와 같다.

2.2.2 시멘트 킬른의 폐기물 소각처리

시멘트 산업은 석회석, 점토 등 천연 광물을 고온에서 소성하여 제조하는 대규모 열처리 산업으로서 폐기물 처리에 가장 많이 사용되고 있는 소각처리 공정은 시멘트 제조공정과 유사하고 그 잔재인 소각회(슬라그)의 주성분은 시멘트의 주성분과 같다. 따라서 시멘트 산업은 폐기물을 안정하게 대량으로 소각처리하기에 적합한 공정과 원료 조건을 구비하고 있다.

시멘트 클링커의 소성공정과 폐기물처리 소각공정을 비교한 <표 3>을 보면, 시멘트는 천연광물인 석회석 등을 한곳에서 대량으로 채광하여 자연경관을 훼손시키고 유용한 제품을 만드는 데 반하여, 폐기물의 소각처리는 도시환경을 오염시키는 폐기물을 여러 곳에서 소량으로 수집하여 도시 생활환경을 정화시키나 소각회 라고 하는 또 다른 폐기물을 남기고 있으므로 이러한 소각회를 시멘트 원료로 사용하면 사용량만큼 원료 채광이 감소되어 자연경관 훼손이 감소될 뿐만 아니라 아무런 2차 공해 물질이 남지 않는 zero emission을 실현할 수 있다.

그리고 유기성 폐기물의 소각 시 가장 문제가 되는 것은 2차적으로 생성되는 다이옥신 유이다. 이 치명적인 물질의 생성을 억제하기 위하여 최저 연소실의 관리기준이 설정되어 있다. 이 기준은 연소가스의 연소실 출구온도 850°C 이상과 가스 체류시간 2초 이상이다. 시멘트 킬른은 이 기준에 비하여 훨씬 상회하는 조건으로, 출구온도가 평균 1,200°C나 되고 체류시간도 3초 이상이 되기 때문에 폐기물 소각처리 설비보다 안전한

표 2. 유해폐기물의 고화처리 방법의 특징 비교

구분	적용성 및 성능	작업성 및 비용
결합재에 의한 방법	시멘트 고화처리	상온에서 함수상태로 처리 가장 경제적인 방법
	아스팔트 고화처리	약간의 가열, 보온이 필요, 처리비가 비교적 높음
열처리에 의한 방법	플라스틱 고화처리	200°C 정도의 가열이 필요, 폐플라스틱의 활용 가능
	소결 (Sintering)	1,000°C 이상의 고온 소결 필요, 저비점 유해 중금속의 휘산
열처리에 의한 방법	용융 (Melting)	1,500°C 이상의 고온 용융 필요, 저비점 유해 중금속의 휘산
	특수 대상 물질에 적용	

표 3. 시멘트 제조 공정과 폐기물 소각처리 공정의 비교

구분	시멘트 클링커 소성 공정	폐기물처리 소각 공정
공정 특징	원료채광-분쇄-혼합	폐기물수집-분쇄-혼합
	예열-소성(연소/열분해)	건조-연소/열분해
투입물 (원료)	클링커-미분쇄-제품 출하	소각회-이송-매립/고형화
	천연 광물	생활/산업폐기물
설비설치 관리기준	석회석(CaO), 규석(SiO ₂)	소각회(CaO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)
	점토(Al ₂ O ₃), 철광석(Fe ₂ O ₃)	연소실출구온도: 850°C
	연소실출구온도: 1,200°C	가스체류시간: 2초 이상
	가스체류시간: 5초 수준	소각회감염감량: 10% 이하
	클링커감염감량: 1% 수준	

소각설비이기도 하다.

이웃 일본의 경우 생활폐기물의 70% 이상을 소각처리하고 있고 따라서 다량의 소각회가 발생하고 있다. 이를 재활용하기 위한 수단으로 소각회와 도시 가연성 폐기물을 합쳐 50% 이상 사용하는 '에코시멘트'라고 명명한 신종 시멘트를 개발하였고 이 시멘트를 개발한 다이헤이요사는 JIS규격을 이미 획득하였다는 사안은 시사하는 바가 매우 크다. 왜냐하면 이렇게 폐기물의 최종 처리 수단으로 시멘트를 만드는 것이 장래 시멘트 산업의 전형이 될 것이기 때문이다.

2.2.3. 폐기물의 재활용

(1) 석회석 원료 대체 부문

석회석채광이 가능한 매장량은 약 40억톤에 불과하나 매년 약 8000만톤의 석회석이 채광되고 있으니 앞으로 40년에 안 되어 고갈될 것이 확실한 상황으로 바야흐로 자연순환형 사회 건설을 위한 사회적 제도로써 석회석자원의 순환체계를 구축해야 하는 시점에 다다른 것이다.

시멘트 산업에서 다른 산업 발생 폐기물을 시멘트 제조에 필요한 원료별로 <표 4>에 나타내었다. 현재 재활용되고 있는 폐기물은 대상 폐기물의 특성에 따라, 크게 시멘트 클링커 원료, 응결조절제, 혼합재 및 연료 대체원으로 구분할 수 있다. 이 표에서 나타낸바와 같이 시멘트 클링커 조합원료의 80% 이상을 차지하는 석회석은 아직 이렇다 할 대체 폐기물 자원이 없다. 그러나 앞으로 건설폐기물의 재활용이 본격화되어 폐 콘크리트로부터 재생골재를 회수하게 되면 석회석을 대체할 가능성이 있는 폐기물이 다량 발생하게 된다.

폐 콘크리트에는 중량 비율로 약 10~15%의 시멘트가 수화물 형태로 골재 표면에 몰탈 형태로 부착되어 있다. 골재를 재생하는 시스템은 이를 다단계로 분쇄하여 골재의 입자 크기

를 선별하고, 드럼 밀 등을 써서 가급적 원 골재의 표면에 부착된 모르타르를 제거하는 것으로 구성되어 있다. 이러한 다단계 분쇄, 선별 공정을 거치는 과정에서 다량의 미분말 폐기물이 발생한다. 이 미분말 폐기물은 콘크리트를 구성하고 있는 재료 중에서 골재의 표면에 부착된 시멘트 모르타르 등 분쇄되기 쉬운 시멘트 수화생성물이 먼저 떨어져 나오기 때문에 석회 성분은 비교적 높게 된다. 이런 논리에 의하면 미 분말은 석회석을 대체할 원료로 활용할 수 있게 된다.

(2) 점토질, 철광석질 및 석고 대체 부문

<표 4>에 나타낸바와 같이 원료 대체 부문의 주류는 점토질 및 철광석질 함유 폐기물과 석고이다. 전반적으로 이들 원료를 대체하여 사용하고 있는 폐기물은 비교적 풍족한 편이고 오래 전부터 사용한 실적이 많으므로 큰 어려움이 없다고 말할 수 있다. 점토질 원료를 대체하여 사용하고 있는 폐기물은 화력발전소에서 나오는 바텀애쉬와 무연탄 광산에서 선광하고 버려지는 폐탄이나 경석 등이 있는 데, 이들은 미연탄소 등 상당량의 연료 성분을 함유하고 있다. 이들 원료는 원료 대체와 함께 연료 절감을 동시에 기할 수 있어, 원가 절감 면에서 선호되는 폐기물이다.

천연석고를 대체하여 사용할 수 있는 폐기물 석고자원은 풍부하다. 비료공장에서 나오는 인산석고는 이미 오래 전부터 천연석고를 대체하여 사용하여 왔다.

그리고 화력발전소나 화석연료를 사용하는 각종 산업에서 대기오염을 방지하기 위한 연소가스의 탈황설비, 그리고 정유공장의 탈황공정 등에서 실로 많은 탈황석고가 폐기물로 발생하고 있다. 이것도 역시 1998년 7만 톤에서 2000년에는 70만 톤으로 10배나 성장하였다. 일본의 240만 톤에 비하면 1/3 수준으로 당분간 증가될 전망이다.

표 4. 시멘트 산업의 부문별 타 산업폐기물 재활용 현황

폐기물 발생 산업	시멘트 산업의 재활용									
	시멘트 클링커 원료	응결조절제	혼합재	연료	석회석(80~85%)	점토질(15~20%)	철광석질(0~2%)	천연석고*(3~5%)	포졸란물질**(30~65%)	석탄, 석유(700 Kcal/톤)
제철산업	-	-	전로슬래그	-	고로슬래그	-	-	-	-	-
전력산업	-	보텀애쉬	-	탈황석고	플라이애쉬	-	-	-	보텀애쉬	-
비철금속	-	폐주물사	비철광재	-	-	-	-	-	-	-
석탄산업	-	경석, 폐탄	-	-	-	-	-	-	경석, 폐탄	-
정유산업	-	-	-	탈황석고	-	-	-	-	페트코크	-
플라스틱	-	-	-	-	-	-	-	-	페플라스틱	-
타이어산업	-	-	-	-	-	-	-	-	페타이어	-
윤활유산업	-	-	-	-	-	-	-	-	폐유	-
비료산업	-	-	-	인산석고	-	-	-	-	-	-
환경산업	-	소각회	-	-	-	-	-	-	생활폐기물	-
건설산업	-	페콘크리트	-	-	-	-	-	-	가연성폐재	-

*시멘트 클링커에 첨가량, **시멘트에 혼합량

화학적분에서 알 수 있듯이 80만 톤의 전로 슬래그 재활용은 적어도 50만 톤 이상의 석회석 원료를 대체하는 효과가 있다. 이는 그 만큼 석회석 채광량을 감소시키고 20만 톤의 온난화 가스 발생을 저감시키게 되는 것이다. 또한 보통시멘트의 철분 함량이 3% 정도로 제한되어 있어, 앞으로 크게 증가할 여지는 작다. 그러나 전체 석회석의 채광량에 비하면 비록 미미한 수준이기는 하나 매우 바람직한 재활용 사례라고 하겠다. 이와 관련한 앞으로의 개발 과제로는 이러한 철광석질 원료를 보통시멘트의 7배나 많이 사용할 수 있는 철 포틀랜드 시멘트가 있는데, 이의 개발이 시급하다고 하겠다. 이러한 시멘트가 개발되어 지금과 같은 수준의 전로 슬래그가 재활용되면, 이는 매년 350만 톤의 석회석 자원을 보존해 줄 뿐 만 아니라 140만 톤의 온난화가스 발생을 저감시켜 줄 수 있기 때문이다.

(3) 시멘트 클링커 대체 부문 - 고로슬래그와 플라이애쉬

시멘트 산업에서 폐기물 재활용으로 자원절감 및 지구환경 보존에 가장 크게 기여하고 있는 부분은 제철산업의 고로슬래그와 발전산업의 플라이애쉬를 혼합재로 사용하여 혼합시멘트를 만드는 것이다. 1970년대부터 서유럽 선진국에서부터 일기 시작한, 지구 환경보존과 대기오염방지를 위한 범세계적인 환경운동은 시멘트 산업에도 많은 영향을 주었다. 환경운동가들은 온난화 가스 배출을 저감하여 지구 환경 보존에 기여할 것을 요구하게 되었다. 이때를 전환기로 하여 유럽 시멘트 산업은 소비자의 취향보다는 환경을 중시하는 사회적 요구를 받아들여지게 되었다. 이후 유럽 시멘트 산업은 산업폐기물을 재활용을 위한 기술개발과 EU규격 제정 등이 분야에 많은 발전이 이루어졌다.

전술한 바와 같이 EU시멘트 규격은 시멘트 클링커를 95%까지 대체하는 혼합재 사용 규격이 제정되어 있다. 우리나라의 시멘트 규격에서도 30~65%의 범위에서 클링커를 대체하여 혼합시멘트를 제조할 수 있도록 되어있다. 이러한 시멘트 규격은 온난화가스 저감을 위한 기후변화 방지 국제협약에 대응하기 위한 수단이 될 뿐만 아니라 복지사회 건설을 위한 필수적인 방편의 하나인 것이다. 실제로 레미콘 공장이나 건설현장에서는 콘크리트 제조 시에 플라이애쉬를 5~15% 정도 혼합재로 사용하고 있다. 이 정도의 플라이애쉬를 혼합재로 사용하면 시멘트 대체에 의한 재료비 절감은 물론 굳지 않은 콘크리트의 유동성이 개선되고, 수화열이 저감되어 운반시간에 따른 품질저하가 방지될 뿐만 아니라 굳은 콘크리트의 수밀성이 개선되어 장기강도 및 내구성 증가되는 등 제반 콘크리트의 품질이 향상된다.

이러한 장점은 지하철 공사등 대형 SOC사업 건설현장에서부터 알려지기 시작하였다. 매스콘크리트의 수화열 저감을 목적

으로 국내 콘크리트 전문가들에 의하여 콘크리트 특별시방서가 작성되었고, 이 시방서에 따라 콘크리트를 배합하고 공급하던 레미콘 업체들이 스스로 이 장점들을 깨우치게 된 것이다.

또한 시멘트를 대체하여 원가절감에서도 상당한 효과가 있었다. 이제는 레미콘 업체들이 서로 앞 다투어 플라이애쉬를 찾게 되었고, 심지어 혼화재의 사용을 꺼려하던 시멘트 제조업체 계열의 레미콘업체들까지도 이 대열에 합류하고 있다. 따라서 이러한 추세는 앞으로도 계속될 전망이다. 플라이애쉬가 전 레미콘에 10%만 사용된다고 해도 그 소요량은 무려 500만 톤이 넘는다. 이 양은 현재 발생되고 플라이애쉬 총량을 초과하는 양이 된다.

(4) 폐기물 재활용에 대한 제언

2000년 우리 시멘트 산업계는 950만 톤의 폐기물을 재활용하여 시멘트 원료의 약 13%를 대체하고 매립 대상 폐기물 발생량의 약 15%를 처리하였다. 이에 비하여 1998년 일본은 2,400만 톤을 재활용하여 17%의 원료 대체와 20%의 폐기물 처리율을 달성하였다고 한다.

이 수준은 일본 시멘트 산업이 수용할 수 있는 한계 수준에 육박한 것이다. 일본의 실적과 견주어 볼 때 우리 시멘트 산업도 곧 포화수준에 이를 것으로 전망된다. 시멘트 산업에서 다른 산업의 폐기물을 연료 및 원료로 재활용하여 원가절감도 기하고 생활환경오염 방지에 기여하는 수준을 가지고는 기후변화 협약에 대비한 대책은 될 수 없다. 고로슬래그나 플라이애쉬 등 포졸란 물질로 시멘트 클링커를 대체하여 혼합시멘트를 만들기 전에는 결코 온난화가스 배출은 감축되지 않는 것이다.

이렇게 시멘트 산업은 눈앞에 보이는 원가절감을 위한 연료 대체에 역점을 둘 것이 아니라, 머지않은 장래에 들며 닥칠 기후변화 협약에 대비한 근본적인 폐기물 재활용 부문인 석회석 대체원 개발이나, 혼합재 활용 부문에 노력을 경주해야 할 것이다.

그럼에도 불구하고 한국과 일본의 시멘트 산업계는 폐기물 재활용 실적을 가지고 "지구환경에 공헌하는" 시멘트 산업이라고 자랑삼아 말하고 있다. 그러나 이것은 폐기물의 최종 처분장의 하나로서 생활환경오염 방지에 기여하는 것은 틀림없으나, 온난화가스의 배출량 자체를 줄이지 않고 그렇게 표현하는 것은 좀 과장되고 왜곡된 표현인 것이다.

3. 맺음말

1997년 일본 교토에서 합의된 지구 온난화 방지 국제협약에 의하면, 선진국의 경우 2008년부터 5년에 걸쳐 1990년 대비

평균 5.2%를 감축할 것을 의무화하고 있다. 우리나라는 선진국을 지향하고 있는 대외무역 의존 국가이다. 대외무역에 의존하여 경제발전을 유지하는 우리나라는 협약에 따르지 않을 수 없다. 협약이 발효되면 한국 시멘트 산업은 시멘트 클링커의 생산량을 현재 수준의 50% 이상이나 감축해야 한다.

이러한 기후변화 방지 국제협약에 대비하기 위해서는 영국에서 2001년부터 시행되고 있는 “기후변화 협약제”와 같은 탄소세를 온난화가스를 대량 배출하는 시멘트, 철강 및 발전 산업 등에 부과하는 문제를 진지하게 검토해야 하며, 지금까지의 시멘트 산업 정책을 전반적으로 수정하지 않으면 안 된다. 지구환경보존과 자원순환 체계 구축을 시멘트 산업 정책의 기조로 삼아야 한다. 이 정책의 기조는 크게 다음과 같이 두 가지 방향에서 접근해야 한다.

- 첫째, 단기적으로는 혼합 시멘트 수요의 일반화이고,
둘째, 장기적으로는 시멘트와 콘크리트의 자원순환체계 구축이다.

혼합 시멘트의 일반화는 국제협약을 준수하면서 시멘트 수요 기반을 유지하고, 동시에 자원절감과 환경보존을 도모할 수 있는 방향이다. 시멘트 산업에서 자원절감 및 온난화가스 배출 저감을 위한 최선의 방법은 고로슬래그와 플라이애쉬 등으로 혼합 시멘트를 대량 생산하고, 이의 활용 촉진정책을 펴는 것이다.

촉진정책의 하나로 시멘트 클링커의 함유량에 따라 차등의 탄소세를 부과하는 데, 클링커의 함유 비율이 50%가 되는 혼합 시멘트에 대해서는 탄소세 부과를 면제하고, 50% 이하의 혼합 시멘트의 제조나 이에 준하는 콘크리트의 혼화재 사용에 대해서는 시멘트 클링커의 대체 비율에 따라 오히려 온난화가스 절감 장려금을 주는 제도를 시행한다. 이 장려금의 재원은 온난화가스를 발생시킨 제철 및 발전 산업에서 거두어 드린 탄소세로 충당하면 될 것이다.

또한 탄소세를 탄력적으로 운용하여 시멘트 클링커의 감산을 유도하고 혼합 시멘트 생산과 콘크리트에서의 혼화재 사용을 경쟁적으로 촉진시키는 것이다. 이 제도를 시행하면 레미콘 등

콘크리트 산업에서도 혼합 시멘트나 혼화재를 적극 사용하게 될 것이다. 즉 시멘트 소비 패턴을 바꾸어, 혼합 시멘트가 지금의 보통 시멘트처럼 일반화되도록 하는 것이다.

21세기는 자원순환형 사회를 건설하는 시대이다. 석회석 자원을 비축하는 방안으로 시멘트와 콘크리트의 자원순환체계를 구축하는 것이다. 이는 시대의 요구에 부응하는 방향으로 나아가는 것이 된다.

석회석 자원을 비축하는 최선의 수단은 석회석을 콘크리트의 골재로 사용하는 것이다. 이러한 콘크리트가 수명을 다하면, 먼저 골재를 회수하여 콘크리트에 되돌려 주고, 골재로 쓸 수 없는 미분말은 시멘트 제조의 석회석 원료로 재활용하는 것이다. 즉 폐 콘크리트가 콘크리트용 골재 채석장과 시멘트용 석회석 광산의 역할을 대신하도록 하는 것이다.

이제 한국의 시멘트 산업은 콘크리트를 매체로 한 석회석 자원의 순환체계상에서 존립하지 않으면 안되게 되어있다. 지금까지 우리나라의 콘크리트 산업에서는 폐 콘크리트를 시멘트 제조의 원료로까지 재활용한다는 자원순환의 개념이 없었다. 이제부터는 자원순환형 사회 건설을 위한 사회적 제도로서 시멘트와 콘크리트의 자원순환체계를 구축해야 하는 것이다.

이와 같은 시멘트 산업 정책은 기후변화 방지를 위한 국제협약 이행에 필수조건이 될 뿐 만 아니라, 국가 총체적인 에너지 절감은 물론 석회석 자원의 순환으로 자원보존과 자연경관의 훼손을 줄이는 효과도 기할 수 있다. 따라서 우리 국가경제의 장래와 시멘트 산업의 운명을 걸고, 우리 사회가 정부 주도 하에 백년대계로 추진해야 할 일들이다. □

참고문헌

1. 최룡, 한국 시멘트 산업의 당면과제와 대응방향, 한일시멘트콘크리트세미나, 2000. 12, 요업기술원.
2. 21세기를 향한 시멘트와 콘크리트산업의 경쟁력 제고방안, 한국양회공업협회, 한국콘크리트학회, 2000. 7.
3. 大門 正機, 構造物の 高性能化を 指向 21世紀 Concrete技術, 21世紀Concrete材料, *Concrete Journal*, Japan, Vol.39, No.1, 2001, pp.50~54.

콘크리트학회 논문집 온라인 논문 투고 시작!

2006년 2월부터 콘크리트학회 논문집에 논문 투고를 온라인을 통하여할 수 있게 되었습니다.
자세한 사항 보기는 **학회 홈페이지**(<http://www.kci.or.kr>) “논문투고” 창을 클릭! 하시기 바랍니다.
회원여러분의 많은 참여 부탁드립니다.

- 한국콘크리트학회 국문논문집편집위원회 -