

기후변화협약과 시멘트산업

庾 相 禧 <산업연구원, 경제학박사>

향후 시멘트 수요의 지속적인 성장을 감안할 때 시멘트 부문의 이산화탄소 배출량은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 그러므로 협약강화 움직임에 따라 이산화탄소 배출규제가 가시화되면 우리나라 산업전반에 걸쳐 상당한 타격이 우려되는데 그 중에서도 특히 시멘트 산업은 다른 어느 산업보다도 더 큰 영향을 받게 될 것으로 보인다.

1. 기후변화협약의 의의와 전망

가. 지구온난화현상이란

최근 미국의 한 기상연구소는 지구 곳곳에서 빈번하게 발생되고 있는 기상이변현상들이 대부분 지구온난화에서 비롯되고 있다고 발표한 적이 있다.

지구온난화 현상이란 대기에 축적된 이산화탄소, 메탄, 이산화질소, 염화불화탄소 등의 온실가스가 비닐하우스의 비닐막과 같은 작용을 하

여 지구의 표면온도를 상승시키는 것을 말하며 일명 온실효과라고도 일컫는다. 그 중에서도 특히 이산화탄소가 온난화에 기여하는 몫이 가장 큰 것으로 알려져 있다.

'기후변화에 관한 국가간 협의체(IPCC)'는 과학적 연구를 통해 이산화탄소의 대기중 농도가 산업혁명이전의 두배가 되는 2030년경에는 지구의 평균기온이 1.5C~4.5C, 해수면이 약 20cm 상승하고, 2100년경에는 지구의 평균기온이 3C~6.5C, 해수면이 약 65cm 상승하게 될 것이라고 예측했다. 그외에도 최근 빈번하게 일어나고 있는 엘니뇨 현상을 비롯하여 강수량 변화, 사막화 현상, 농작물 피해, 생태계의 변화 등도 지구온난화에 의한 현상으로 알려져 있으며 특히 우리나라 남부해안지방이 점차 아열대 지역으로 변화하고 있다고 주장하는 이도 있다.

나. 기후변화협약의 의의

지구적 재앙을 초래할지도 모르는 지구온난화 현상을 미연에 방지하기 위해 지난 1992년 6월 리우환경회의에서 기후변화협약이 채택되었으며 1994년 3월에 발효되었다. 온난화 현상을 방지하기 위해서는 크

게 두가지의 노력이 필요하다. 첫째는 이산화탄소 등의 온실가스 배출을 억제하는 것이고, 둘째는 이산화탄소를 흡수하는 산림 등 탄소 흡수원(Carbon Sink)을 확대 조성하는 것이다.

이산화탄소는 석탄, 석유, 가스 등의 화석연료를 연소시킬 때 주로 발생하는 것으로 온난화를 방지하기 위해서는 화석연료의 사용규제가 불가피하다. 이와같이 기후변화협약의 핵심이 바로 화석연료의 사용억제에 있고 이는 화석연료에 크게 의존하는 경제에 큰 타격을 주기 때문에 본 협약의 논의 및 협상과정은 각국의 이익이 첨예하게 대립되는 그린라운드라고 할 수 있다.

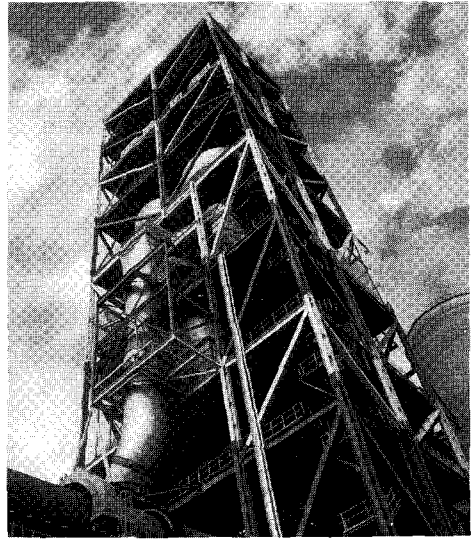
과연 선진국들이 협약을 강화하려는 진정한 의도는 무엇인가? 물론 대의명분은 지구온난화 방지라고 할 수 있다. 그러나 그 이면에는 첨단기술시장을 극대화하려는 의도가 숨어 있다고 하겠다. 협약강화로 인해 궁극적으로 가장 큰 이익을 얻게되는 집단이 바로 첨단기술을 가진 선진국들이라는 사실을 간과해서는 안된다. 우리는 오존층 보호를 위한 몬트리올 의정서 협상과정을 통해서 위와같은 사실을 이미 경험한 바 있다.

다. 협약관련 협상의 향후 전망

기후변화협약에 따르면 부속서I에 속한 선진국은 온실가스 배출량을 2000년까지 1990년 수준으로 안정화시켜야 하는 의무를 진다. 그런데 금년 3월 베를린에서 개최된 기후변화협약 제1차 당사국총회에서는 선진국의무를 더욱 강화하여 2000년 이후 특정시한(2005년, 2010년, 2020년 등)까지의 추가적인 감축목표를 설정기로 하고 이를 위해 2년간의 의정서협상이 개시되었다.

우리나라는 아직 협약상의 부속서I 국가로 분류되어 있지 않기 때문에 1997년 3월 까지 국가보고서를 제출하는 개도국 의무만을 지게 되어 있어 당분간 본격적인 영향은 없을 것으로 보인다.

한편 미국을 위시한 선진국들의 개별적인 이산화탄



소 감축노력의 일환으로 에너지 이용기기에 대한 최저효율기준 등을 적용하거나 그린라벨 혹은 그린마크 제도를 활용할 경우 특히 우리나라 가전제품 등의 수출에 어느정도 간접적인 타격이 있을 것으로 보인다.

향후 2년간의 의정서 협상과정을 통하여 특히 유의해야 할 것들은 다음과 같다.

첫째, 선발개도국의 의무강화 움직임이다. 금번 베를린회의에서 미국, 호주, 일본, 캐나다, 뉴질랜드 등에 의해 개진된 선발개도국의 의무강화문제는 의정서협상의 진전에 따라 점차 본격화될 것으로 예상된다. 물론 우리나라가 내년 OECD에 가입한다고 해서 자동으로 협약상의 선진국(부속서I 국가)으로 분류되는 것은 아니다. 그러나 의정서 협상과정에서 선진국들은 우리나라가 선발개도국으로서 선진국의 감축노력에 동참할 것을 강력히 주장할 것으로 보여 개도국의 특권을 계속해서 향유하기는 힘들 것으로 예상된다.

둘째, 규제수단 및 경제적 수단의 적극적 활용에 관한 문제이다. 즉, 에너지 효율기준이나 탄소세, 에너지세 등의 범세계적 시행은 특히 우리나라의 경우에는 심각한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

셋째, 1998년 이전에 선진국 명단을 재개정도록 예

〈표-1〉 이산화탄소 배출량 예측(BAU 시나리오)

	연 평균 증가율							
	1970	1992	2000	2010	2030	93-00	01-10	11-30
GDP(조 원, 1985)	18.3	149.5	248.6	404.9	930.8	6.6	5.0	4.3
1차에너지(백만TOE)	19.7	116	217	326	555	8.1	4.2	2.7
CO ₂ (배출량(백만TC))	17.1	78	141	198	310	3.5	3.5	2.3
CO ₂ GNP(TC/천\$)	0.61	0.52	0.57	0.49	0.33			
1인당에너지(TOE)	0.61	2.66	4.63	6.55	10.96			
1인 당 CO ₂ (TC)	0.5	1.78	3.01	3.98	6.14			
CO ₂ / 에 너 지	0.87	0.67	0.65	0.61	0.56			

자료 : 에너지경제연구원(1994), 「기후변화협약관련 국가보고서 작성 및 대응방안 연구」

정되어 있다. 물론 제4조 2항의 f에서는 당사국의 동의없이 선진국의무 대상국가로 재분류할 수 없음을 명백히 밝히고는 있어 OECD 가입이 자동적으로 선진국의무를 의미하는 것은 아니다. 그럼에도 불구하고 우리나라는 OECD에 가입하게 되면 많은 선진국들로부터 선진국의무를 부담토록 상당한 압력을 받게 될 것으로 보인다.

하면 우리나라의 이산화탄소 배출량은 꾸준히 증가하여 1992년을 기준으로 2000년에는 1.8배, 2010년에는 2.5배, 2030년에는 4.0배로 증가할 것으로 예측되었다. 이러한 예측대로라면 우리나라 1인당 이산화탄소배출량은 2000년에 가서 3.0톤으로 1992년 현재의 일본이나 EU수준을 능가하고 2010년에 가서는 4.0톤으로 OECD 평균을 초과하게 될 것으로 예상된다.

2. 이산화탄소 배출현황

가. 우리나라의 이산화탄소 배출전망

에너지경제연구원(1994년)의 BAU 시나리오에 의

나. 시멘트산업의 이산화탄소 배출현황

시멘트산업은 생산공정상에 필요한 열에너지를 공급하는 과정뿐만 아니라 원료인 석회석의 분해과정에

〈표-2〉 시멘트산업의 이산화탄소 배출현황

	연 료	1990	1991	1992	1993	1994	연평균증가율(%)
		원 료	원 료	원 료	원 료	원 료	
배 출 량 (천 T C)	원 료	4,048	4,838	5,391	6,293	6,851	14.1
	계	6,573	7,852	8,706	10,098	10,804	13.2
	연 료	86.2	86.1	85.0	83.4	79.8	△1.91
배 출 원 단 위 (TC/천톤크링카)	원 료	138.3	138.2	138.2	138.0	138.2	△0.01
	계	224.5	224.3	223.2	221.4	218.0	△0.73
크링카생산량(천톤)		29,281	34,999	38,999	45,603	49,558	14.1

〈표-3〉 연도별 연료 및 원단위 추이

		1990	1991	1992	1993	1994	94/90
연료소비	유연탄(천톤)	3,534	4,224	4,429	5,143	5,272	149.2%
	B·C유(천K1)	65	80	255	246	313	481.5%
	계(천TOE)	2,396	2,867	3,175	3,637	3,789	158.1%
원단위	연료 (kcal/kg)	819	821	814	799	784	95.7%
	전력 (kwh/톤)	114	111	108	108	108	94.7%

서도 다량의 이산화탄소가 발생한다. 1990년 이후 시멘트산업의 이산화탄소 배출량은 년평균 13.2%의 증가세를 보이고 있는데 이 가운데 연료에서 배출되는 이산화탄소 배출량 증가율이 원료분해과정에 비하여 다소 낮은 수준을 보이고 있다. 이는 1990년 이후 급격한 신증설로 에너지효율이 증가함에 따라 연료부문에서의 에너지원단위 및 배출원단위(TC/천톤클링커)가 점차 낮아졌기 때문이다.

이산화탄소 배출원단위(포틀랜드 클링커 1톤당 이산화탄소 배출량)는 1990년 224kgC에서 1994년 218kgC로 연평균 0.73% 감소되었다. 특히 연료의 배출원단위는 최근 에너지절약형 최신설비의 도입으로 연평균 1.91%씩 감소된 것으로 나타났다.

다. 시멘트산업의 에너지비용구조

우리나라 시멘트산업은 총생산비에서 에너지비용이 차지하는 비중이 38.4% (1992년 기준)으로 국내 제조업 평균인 3.5%의 11배, 일본 시멘트산업의 1.9배나 되는 에너지 집약적 산업이다.

〈표-4〉 에너지 원단위의 국제비교('92)

	한국	일본	미국	대만	인도네시아
연료	1.00	1.01	1.16	1.09	1.38
전력	1.00	0.95	1.39	1.06	1.15

그러나 에너지원단위에 있어서는 세계 최고인 일본과 거의 대등한 수준에 있어 에너지효율 자체로는 세계적인 수준이라고도 할 수 있다. 에너지원단위 변화 추이를 살펴보면 연료는 1990년 819Kcal/kg에서 1994년 784Kcal/kg으로 연평균 1.1%씩 감소해왔으나 전력의 경우에는 1992년 이후 원단위가 거의 변하지 않고 있다.

원단위를 국제적으로 비교해 보면 우리나라가 미국, 대만, 인도네시아 등에 비하여 상당히 낮은 수준임을 알 수 있다. 단지 전력원단위의 경우 우리나라가 일본보다 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 우리나라 석회석 원료가 일본에 비해 품질이 다소 떨어지기 때문에 이를 보완하기 위하여, 즉 적정품질수준으로 유지하기 위하여 일본보다 분쇄에너지가 조금 더 소모되기 때문이다.

3. 시멘트 산업에 미치는 영향

가. 전반적인 영향

향후 시멘트 수요의 지속적인 성장을 감안할 때 시멘트 부문의 이산화탄소 배출량은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 그러므로 협약강화 움직임에 따라 이산화탄소 배출규제가 가시화되면 우리나라 산업전반에 걸쳐 상당한 타격이 우려되는데 그 중에서도 특

히 시멘트 산업은 다른 어느 산업보다도 더 큰 영향을 받게 될 것으로 보인다.

앞에서 언급한 바와 마찬가지로 이산화탄소 배출규제는 크게 두가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째는 협약상에 명시된 바와 같이 엄격한 규제목표를 달성해야 하는 경우이다. 물론 우리나라가 선진국 의무를 부담하여야 하는지는 미지수이다. 그러나 설사 우리나라가 선진국의무조항에 대해 10년간의 유예기간을 확보한다고 하더라도 2010년까지는 2000년 수준으로 이산화탄소 배출량을 동결하여야 된다. 이산화탄소 배출량이 2010년에는 2000년 수준보다 약 40% 증가할 것이라는 전망을 감안할 때 이산화탄소 배출량을 2010년까지 40%를 감축해야 할 것이다. 그러므로 지금까지의 우리나라의 에너지소비증가 추세를 감안할 때 엄청난 투자와 노력이 필요하다는 것을 알 수 있다. 결국 우리나라는 대규모 에너지절약 투자나 혹은 탄소세와 같은 강력한 경제수단을 도입하지 않을 수 없을 것이다.

둘째는 국제적 탄소세 혹은 에너지세의 도입이다. 이 경우에도 에너지집약적 산업구조를 지니고 있는 우리나라는 상당한 어려움을 겪을 것으로 예상된다.

국가간 규제목표 설정에 의하든 아니면 국제적 탄소세 도입에 의하든 궁극적으로는 우리나라 산업발전 에 걸쳐 비용상승 요인으로 작용할 것으로 그중에서도 특히 시멘트, 철강 등 에너지다소비 업종들의 경우에 그 영향이 심각할 것으로 보인다.

나. 탄소세 도입시의 영향

1) 탄소세란

탄소세(Carbon tax)는 에너지 연소시 발생되는 이산화탄소의 양에 비례하여 부과되는 일종의 물품세(Excise Tax)이다. 석탄, 카본 등과 같은 고탄소 함유 에너지를 가스등의 저탄소 함유 에너지로, 혹은 수력, 원자력등의 無탄소 함유 에너지로 대체토록 인센티브

<표-5> 에너지 원단위의 국제비교 ('92) (단위 : %)

		가 격 상 승 율
의	복	1.84
종	이	2.64
화	학	3.06
시	멘	15.02
철	강	14.74
금	속	5.12
기	제	3.24
전	기	2.22
비	에너지부문 평균	2.29

자료 : 산업연구원(1994).

「기후변화협약의 국내산업에 대한 영향과 대책」

를 부여한다.

예를 들어 원유환산배럴당 10달러의 탄소세가 부과되면 TOE당 탄소함유량이 가장 높은 석탄의 경우 탄소세율이 104.1%로 매우 높게 나타나고 원유의 경우는 에너지세와 동일하며 천연가스는 세율이 34.6%가 된다. 그러나 수력과 원자력의 경우에는 탄소세가 부과되지 않는다.

2) 탄소세의 영향

산업연구원의 분석(1994)에 의하면 범선진국적 차원에서 원유환산배럴당 10달러의 국제적 탄소세가 도입이 되면 에너지집약적인 산업을 중심으로 엄청난 생산비 상승효과가 나타나게 된다. 그중에서도 특히 시멘트산업은 탄소세에 의한 가격상승효과가 약 15%로 에너지부문을 제외한 다른 어떤 부문보다도 크게 나타났다. 참고로 철강부문이 14.7%, 금속제품이 5.1%의 가격상승효과가 예상되며 에너지부문을 제외한 산업평균은 3%로 나타났다.

탄소세의 도입에 따라 시멘트 생산단가가 인상되면 대내적으로는 국내 시멘트 수요가 위축되고 대외적으로는 국내시멘트산업의 대외경쟁력이 약화됨에 따라 국내업계의 어려움이 엄청날 것으로 예상된다. 참고

로 같은 탄소세 도입시나리오에 의하면 미국의 시멘트 가격은 15.0%, EU는 8.8% 상승될 것으로 추정되었다.

4. 대응전략

기후변화협약의 강화는 시멘트산업에 엄청난 시련이자 도전이 될 것으로 예상된다. 그러나 시멘트 업계의 자구적인 노력 여하에 따라서는 이를 충분히 극복할 수 있고 나아가서는 오히려 경쟁력 강화의 기회로 삼을 수도 있다. 시멘트를 대체할 만한 적절한 대체재가 개발되지 않는 한 시멘트에 대한 기본적인 수요는 존재할 것이기 때문에 이산화탄소 배출규제문제는 결국 업계간의 경쟁(대외적 혹은 대내적)문제로 축약될 수 있다. 다시말해서 기후변화협약이라는 새로운 경영 및 시장환경변화에 직면하여 가장 신속하고 효율적으로 대응하는 업체는 생산비의 엄청난 상승에도 불구하고 그를 적절히 소비자 가격에 전가함으로써 적정이익 및 적정가동율을 유지할 수 있을 것이다.

나아가서 이러한 여건 및 환경변화에 다른 기업들보다 먼저 효율적으로 대응하는 기업은 이윤 및 시장점유율을 제고할 수 있을 것이다. 이것이 마이클 포터가 이야기하는 '선두주자의 이익(Early-Mover Advantage)'이라고 할 수 있다. 마이클 포터는 기업의 경쟁력을 생산성 우위(Superior Productivity)로 정의하고 생산효율 향상을 통해 경쟁사보다 저렴한 비용으로 제품을 생산하고, 품질 제고를 통하여 타사 제품에 비해 높은 가격(Premium Price)을 설정할 수 있는 능력이라고 설명하고 있다. 특히 기업에게는 정태적 효율성이 아닌 끊임없이 혁신할 수 있는 동태적 효율성(Dynamic Efficiency)이 경쟁력에 가장 중요한 요소라고 피력하고 있다.

이제는 세계시장의 수요가 저공해형, 에너지 효율형, 자원절약형 제품에 더 큰 가치를 부여하는 방향으로 변화하고 있다. 이에 즈음하여 시멘트산업은 이산

화탄소 배출억제 뿐만 아니라 전공정에 걸쳐 환경부하를 최소화하도록 혁신적인 노력을 경주함으로써 국제환경규제의 파고를 극복하고 새로운 수요와 시장을 창출하는 동태적 효율성을 극대화 하여야 할 것이다.

시멘트 업계가 기후변화협약에 효율적으로 대응하기 위한 전략은 첫째, 고부가가치화, 둘째, 청정연료로의 대체, 셋째, 에너지절약적 설비도입 및 공정개선, 넷째, 산업부산물의 재활용 확대 등을 들 수 있다.

가. 고부가가치화

탄소세 도입에 따른 생산비 상승효과는 시멘트 생산비용구조의 개선을 통하여 크게 완화할 수 있을 것이다. 다시말해서 시멘트의 부가가치율을 높임으로써 기후변화협약에 효율적으로 대응할 수 있다는 것이다. 또한 세라믹과 같은 고부가가치의 첨단제품을 개발함으로써 제품생산비에서 화석연료비용이 차지하는 비중을 줄임으로써, 즉 에너지절약적 상품구조로 전환함으로써 기후변화협약의 영향을 최소화 할 수 있을 것이다. 그밖에 사업다각화도 효율적인 대응수단이 될 수 있다.

나. 청정연료로의 대체

LNG는 유연탄에 비해 단위 열량당 이산화탄소 배출량이 약 58% 수준에 불과하다. 그러므로 연료를 유연탄에서 LNG로 대체함으로써 클링커 단위당 이산화탄소 배출량을 크게 줄일 수 있을 것이다. 그러나 한편으로는 LNG의 경우 공급안정성이나 배관망등의 어려움과 높은 가격(유연탄의 약 2.8배 수준) 때문에 현재로서는 유연탄에 비해 경제성이 떨어지는 실정이다.

그럼에도 불구하고 이산화탄소 배출규제의 강화 정도에 따라서는 가장 획기적인 대응수단이 될 수 있을 것이다.

〈표-6〉 주요 에너지절약설비 투자계획

	개조내용	보유현황('94)	'95~2000 개체내용		
			대상	투자액(억원)	원단위 개선
열에너지 (기)	키른 개조	NSP : 36 SP : 8 Wet : 4	SP → NSP : 2기 자동화 : 5기	576 190	1.4%
	예열기 개조	4단 : 16 5단 : 24 6단 : 4	4 → 5단 : 9기	60	0.3%
	냉각기 개조	Grate : 38 Planetary : 10	P → G : 3기 기타 : 12기	750 70	0.9%
	버너 개조	21	9	15	0.2%
	페타이어설비	-	11	165	1.8%
전 력 에너지	예비분쇄기	도입율 37.4%	50%	(미정)	2.5%
	Roller mill	도입율 15.3%	25%	(미정)	3.5%
계				1,826	10.6%

다. 에너지절약적 설비도입 및 공정개선

공정상의 에너지 절약과 관련된 기술은 NSP형 키른, 고효율예열기, 고효율냉각기, 고효율버너, 페타이어 설비, 예비분쇄기, 롤러 밀(Roller Mill) 등을 들 수 있다. 우리나라는 최근 꾸준한 설비개체로 에너지 효율은 상당한 수준에 이르렀다. 그 예로 NSP의 비중이 일본의 83%보다 높은 90% 수준이다.

그러나 아직도 여러가지 부문에서 에너지효율 제고의 여지는 많이 남아 있다. 현재 우리나라 시멘트 업계는 위 〈표-6〉와 같이 여러가지 에너지절약설비 투자계획을 수립하여 추진 중에 있다.

라. 산업부산물의 재활용 확대

시멘트산업의 환경부하를 가장 효과적으로 감소시킬 수 있는 방법은 산업부산물인 고로슬래그 및 플라

이애쉬 등을 시멘트 혼합재로 최대한 활용하는 것이다. 다시말해서 클링커의 대체재로 혼합재를 사용하면 그만큼의 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있다.

이미 선진국에서는 널리 활용되고 있으며 특히 유럽의 경우 시멘트 생산량의 57%, 일본의 경우 18.5%가 혼합시멘트로서 토목, 건축에 사용되고 있다. 우리나라의 경우 포틀랜드 시멘트가 전체 생산량의 93.6%를 차지하고 있고 고로시멘트(슬래그 40%혼합)는 나머지 6.4%에 불과한 실정이다. 제품성격에 있어서도 고로시멘트는 장기강도 및 화학내구성이 포틀랜드시멘트보다 우수하나 단지 초기강도가 낮다는 이유로 우리나라 소비자들이 기피하는 실정이다.

그리고 포철과 한전은 향후 대대적인 신증설을 계획하고 있어 고로슬래그 및 플라이애쉬, 즉, 산업부산물의 가용량이 2000년에 가서는 연간 441만톤이 추가될 것으로 전망되며 이의 대부분을 혼합시멘트의 원료로 사용할 경우 상당한 이산화탄소 저감효과(약 100만 탄소톤)를 기대할 수 있다. ▲