

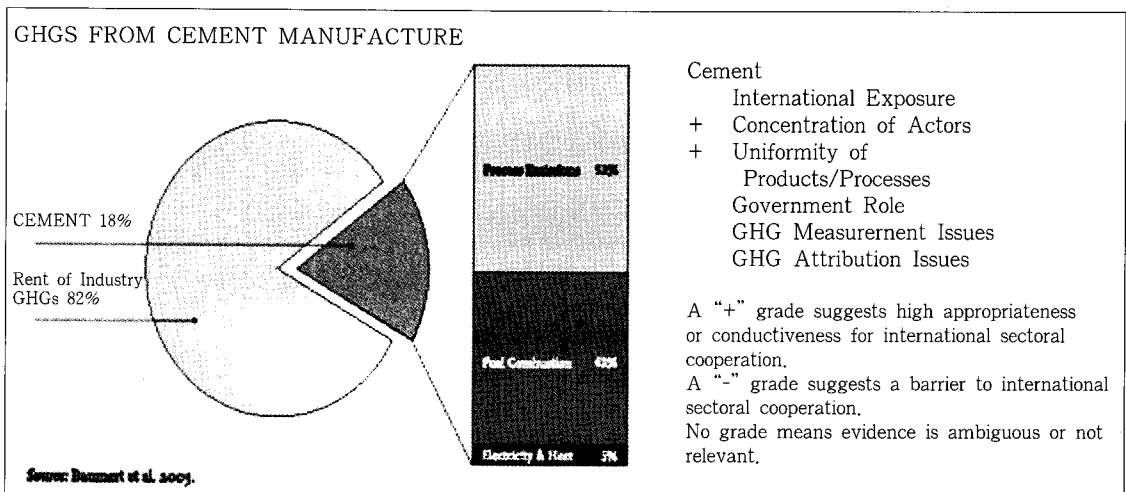
국내외 온실가스 규제 및 대응노력과 향후 시멘트업계 대처방향

김 수 이 (에너지경제연구원 책임연구원)

1. 시멘트산업 동향

생산과정의 배출 및 에너지소비를 포함한 시멘트 제조와 관련된 온실가스배출량은 세계 온실가스배출량의 약 4.6%이고, 이산화탄소배출량의 5%를 차지한다. 시멘트산업의 배출량은 모든 제조업 배출량의 약 18%에 달하며, 시멘트의 핵심물질인 크linker 제조시 화학공정, 현지의 화석연료의 소각에서 발생하는 직접배출, 시멘트 제조과정의 소비전력에서 발생하는 간접배출 등 생산과정의 다양한 부분에서 이

산화탄소를 배출한다. 시멘트산업에 있어 에너지와 관련된 배출은 사용연료(직접적인 에너지사용 및 구매전력)에 따라 다르지만, 화학공정의 배출은 일정하다. 일반적으로 시멘트산업의 배출은 화학공정에서 52%가 발생하고, 43%는 화석연료연소에서 발생하는 직접배출, 나머지 5%는 구매전력 및 현지운송에서 발생한다.(<그림-1>) 시멘트 제조시 발생하는 배출량의 측정은 비교적 쉬운 편이다. 이는 생산이 고정시설에서 이루어지고, 국제교역 또한 많지 않기 때문이다. 이와 같은 이유로 시멘트산업의 온실가스



Cement
International Exposure
+ Concentration of Actors
+ Uniformity of Products/Processes
Government Role
GHG Measurement Issues
GHG Attribution Issues

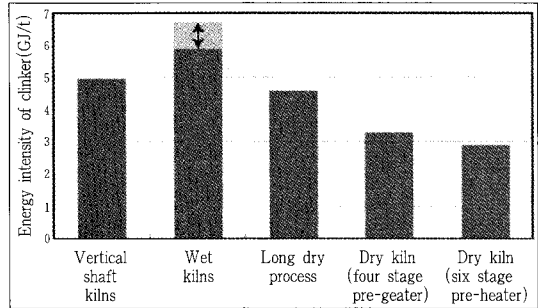
A "+" grade suggests high appropriateness or conductiveness for international sectoral cooperation.
A "-" grade suggests a barrier to international sectoral cooperation.
No grade means evidence is ambiguous or not relevant.

자료 : Bradley et al. (2007)

<그림-1> 시멘트산업의 온실가스배출

배출을 특정 국가 또는 기업으로 귀속시키는데 있어서도 어려움은 거의 없다.

시멘트생산의 배출수준(탄소원단위)은 키른(Kiln)의 유형이 결정적인 역할을 한다. 습성키른(Wet Kiln)은 원료가 높은 습도를 유지할 때 이용되며, 건조키른(Dry Kiln)보다 25~125% 많은 에너지를 소비하는 것으로 알려졌다. 미국의 경우 습성키른 생산이 18%로, 이는 유럽 또는 브라질보다 많으나, 캐나다 및 러시아보다는 적은 수준이다. 중국 및 인도에서는 수직키른(Vertical Shaft Kiln)이 아직도 폭넓게 이용되고 있으며, 수직키른은 습성키른보다 약간 효율적이나 건조키른보다는 효율성이 많이 낮다.(<그림-2>) 세계적으로 2002년 이후 효율적인 건조키른을 많이 이용하게 되었다. 예를 들어, 호주는 건조키른을 이용한 시멘트 생산이 2002년 57%에서 2006년 81%로 증가하였다. 중국의 경우 수직키른을 이용한 시멘트생산이 2000년 93%에서 2007년 50%로 감소했다.(<표-1>)



Note : The arrow represents the range of energy consumption
Source : FLSmidth, 2006

자료 : Baron et. al.(2007)

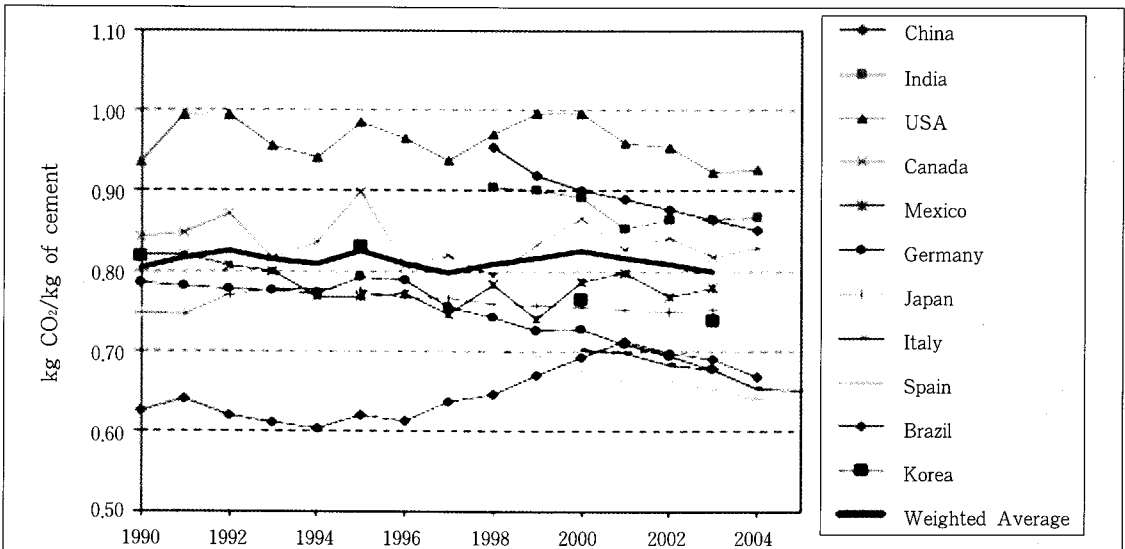
<그림-2> 시멘트 클링카 생산기술에 따른 에너지 효율성

전세계 시멘트 생산량을 보면, 12대 시멘트 생산국이 전세계 생산의 약 81%를 차지한다. 중국은 가장 큰 시멘트 생산국가로, 2005년 세계 생산의 46.6%를 차지했다. 동남아시아에서 배출량이 가장 빠르게 증가하나, 미국과 중동의 시멘트부문에서의 배출 또한 상당한 속도로 증가하고 있다. 유럽, 일본, 호

<표-1> 국가·지역별 키른 유형별 비중(2002)

지역, 국가		키른 유형(% 생산)			
		Dry	Semi-Dry	Wet	Vertical
북미	미국	265	2	33	0
	캐나다	71	6	23	0
서유럽	서유럽	58	23	13	6
아시아	일본	100	0	0	0
	호주 & 뉴질랜드	24	3	72	0
	중국	5	0	2	93
	남·동 아시아	80	9	10	1
	한국	93	0	7	0
동유럽	인도	50	9	25	16
	FSU	12	3	78	7
	기타 동유럽	54	7	39	0
남 & 라틴 아메리카	남 & 라틴 아메리카	67	9	23	1
중동 & 아프리카	아프리카	66	9	24	0
	중동	82	3	16	0

자료 : Baron et. al.(2007)



Source : IEA, 2007b.

Note : Numbers show CO₂ emissions per kilogramme of cement, including thermal energy, upstream electricity emissions and process emissions. Note that a lower clinker-to-cement - i.e. more use of additives - implies lower CO₂ emissions per tonne of cement. The above data does not reflect the energy efficiency performance of clinker, but rather the CO₂ performance of the whole energy chain leading to cement manufacturing.

자료 : Baron et. al.(2007)

〈그림-3〉 국가별 시멘트 톤당 이산화탄소배출량(1990-2005)

주의 시멘트 생산 및 배출수준은 변동이 없거나 감소세이다.(<표-2>)

우리나라 크링카 생산능력은 2007년 현재 연간 6,000만톤 수준이다. 크링카 생산량은 1997년에 역대 최고실적인 5,400만톤을 기록한 직후 IMF 위기로 생산량이 급감된 후 2003년까지 점진적인 회복 추세를 보였다. 그러나, 2004년 이후 내수 건설경기 침체가 지속되면서 2006년에는 IMF 위기 직후 생산수준인 저조한 생산실적을 기록하였다.(<그림-4>)

한편, 국제 시멘트시장에서는 지난 10년간 많은 합병이 이루어졌다. 특히 대규모 다국적기업들이 시멘트산업에서 두각을 나타내고 있는 추세이다. 6대 선두 다국적기업이 세계 시멘트생산의 21%를 공급하는 것으로 추정된다. 세계 최대 2대 기업인 라파즈(Lafarge)와 홀심(Holcim)은 각각 75개국과 70

개국에서 사업중이다.

시멘트산업의 전세계 산업집중도는 낮은 편으로, 16개 기업이 전세계 생산의 25% 미만을 공급한다. 국가별로는 다양한 산업집중도를 보이고 있는데 브라질, 영국, 남아프리카공화국, 태국과 같은 국가에서는 5대 시멘트기업이 설비용량으로 80% 이상을 차지하고 있으며, 그외 미국 49%, 인도 42%, 러시아 10% 등을 차지한다. 중국은 8,000~9,300개의 시멘트공장이 있으며, 5대 기업이 3%를 공급하는 수준으로 매우 낮은 편이다. 이러한 중국의 실정은 EU 전체에 320개 시멘트공장이 있는 것과 비교된다. 중국은 4,600개 이상의 시멘트 생산업체가 있는데, 이중 10대 기업이 8.3%의 시장을 점유한다.¹⁾

시멘트는 생산되는 근접지역에서 주로 소비가 이루어진다. 시멘트생산 원료가 다양하고, 가치에 비해

1) 최근 대규모 중국 시멘트 재벌의 탄생과 더불어 민간소유, 해외자본투자, 합병추세가 있다.

〈표-2〉 국가별 시멘트 생산, 2005

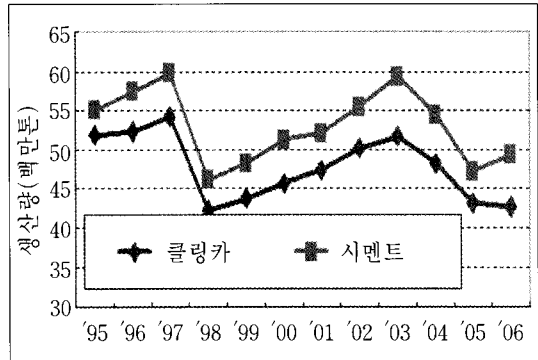
	Production [Mt/yr]	Share [%]	Cumulative [%]
China	1,064	46.6	46.6
India	130	5.7	52.3
United States	99	4.3	56.6
Japan	74	2.9	59.5
Korea	50	2.2	61.7
Spain	48	2.1	63.8
Russia	45	2.0	65.8
Thailand	40	1.8	67.5
Brazil	39	1.7	69.2
Italy	38	1.7	70.9
Turkey	38	1.7	72.6
Indonesia	37	1.6	74.2
Mexico	36	1.6	75.7
Germany	32	1.4	77.1
Iran	32	1.4	78.6
Egypt	27	1.2	79.7
Vietnam	27	1.2	80.9
Saudi Arabia	24	1.1	82.0
France	20	0.9	82.8
Other	392	17.2	100.0
World	2,284	100.0	

Source : USGS, 2006, Japan Cement Association

자료 : Baron et. al.(2007)

운송비용이 높기 때문이다. 2003년 생산의 5.8%만이 무역거래가 이루어졌고, 이중 40%가 지역간 거래며 역외수출의 50% 이상이 근접한 지역으로 수출되었다.

2003년 가장 큰 수출국은 중국, 일본, 인도 등이고, 미국은 시멘트 순수입국으로 21Mt 또는 소비의 18%를 수입하였다.〈표-3〉 2006년 최대 수입국이 미국이고, 최대 수출국이 중국이었다. 중국은 2006년 시멘트 및 크링카를 31.13Mt 수출하였으며, 이는 총 시멘트생산의 3%에 상응한다. 중국의 시멘트세 환급제도는 2006년 13%에서 2007년 7월 11%로



〈그림-4〉 우리나라 크링카, 시멘트 생산량 추이

축소되었다. 중국정부는 매년 GDP대비 에너지소비 4% 감소를 목표로 세우고, 시멘트수출을 감소시키 고자 하였다.(2006년 오직 1.23% 감소)

에너지 집약적이고 고부가가치 상품으로 장거리 운송이 상대적으로 쉬운 알루미늄 및 철강산업과는 다르게 시멘트산업에 있어 국제경쟁력은 그리 문제가 되지 않는다. 석회암 및 기타 주요물질이 풍부하고 시멘트의 높은 밀도와 낮은 가치, 특히 판매가격 과 비교하여 운반비용이 높기 때문에 국제교역이 적은 편이다. 그러나 지역적으로 가까운 남유럽 및 북 아프리카 시장, 멕시코와 미국시장 등에서는 크링카가 쉽게 운반될 수 있어 추가적인 크링카생산설비 없이 시멘트생산을 증가시킬 수 있다. 크링카생산이 시멘트 제조과정에서 발생하는 대부분의 이산화탄소를 발생시킨다는 점을 고려하면, 이러한 시멘트의 접경 또는 근접국가간 국제교역은 시멘트산업의 온실가스배출의 추정 또는 책임에 대한 귀속문제에 있어 매우 중요한 의미를 갖는다.

2. 해외 온실가스 규제 현황

시멘트업계의 온실가스 규제는 현재 크게 두가지 방향에서 진행되고 있다.

하나는 교토의정서 부속서I 국가의 온실가스 의무 부담에 따른 EU지역의 배출권거래제도에 시멘트업계가 포함되어 있으며, 다른 하나는 부문별 접근법

〈표-3〉 시멘트교역(Mt), 2003

Importing :															Total exports		
Exporting :	Africa	Aus/NZ	Canada	China	East Europe	West Europe	FSU	India	Japan	Korea	Latin America	Middle East	S&E Asia	USA	Total exports	Extra-reg. exports	Net exports
	Africa	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	-	-	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	19	0.1
Aus/NZ	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.8	0.6	-0.4
Canada	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	5.7	5.7	5.7	4.8
China	0.3	0.0	-	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.1	0.0	0.3	1.9	5.7	4.5	-0.2
East Europe	1.4	0.0	-	-	2.8	2.7	0.0	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.2	7.0	4.3	1.7
West Europe	3.7	0.0	0.0	0.0	1.8	19.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	3.3	31.5	13.2	0.2
FSU	0.0	-	-	0.1	0.6	1.3	1.6	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	3.7	2.0	1.7
India	0.3	0.1	-	0.0	0.0	0.6	0.0	-	-	-	0.0	3.3	2.5	0.0	6.9	6.0	0.9
Japan	1.0	0.8	-	4.3	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	-	2.3	0.0	9.7	0.7	8.9
Korea	0.4	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	-	0.8	-	0.0	0.0	0.1	1.7	3.1	3.1	1.2
Latin America	0.0	-	0.0	-	-	0.3	-	-	-	-	2.0	0.0	-	5.3	7.7	5.0	4.8
Middle East	0.4	-	-	-	0.2	0.4	0.2	0.0	-	-	-	2.7	0.2	-	4.2	1.6	-3.4
S&E Asia	1.0	0.2	-	0.2	0.0	0.4	-	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	9.7	3.3	15.6	6.9	0.3
USA	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-	0.9	0.0	0.9
Total Imports	10.1	1.2	0.8	5.9	5.3	25.3	1.9	0.0	0.9	1.9	2.9	7.7	15.9	21.4	104[†]		
Extra-reg. Imports	8.6	1.1	0.8	4.7	2.6	6.0	0.3	0.0	0.9	1.9	0.8	5.0	6.3	21.4		64[†]	

Source : UN Comtrade.¹⁷

Boxed Fields : infra-regional trade. "0.0" : indicates trade of less than 50,000 tonnes between respective regions. "-" : indicates no trade between respective regions. Extra-regional exports=total exports less intraregional exports. Net exports=trade balance=total exports less total imports(negative values indicate net imports). † : Exports and extra-regional exports shown in the chart do not necessarily add to the total figure shown because of unspecified items in the raw data.

자료: Baron et. al. (2007)

에 대한 국제 논의다.

현재 EU 배출권거래제를 보면, 거래 대상에 "500톤/d 초과하는 용량의 로터리 키른을 이용한 시멘트 크링카 생산 인스톨레이션 또는 50톤/d 초과하는 용량의 석회 생산 인스톨레이션 또는 50톤/d 초과하는 용량의 인스톨레이션"이 포함되어 있다. 따라서 배출권거래제하에서 할당량보다 적은 양을 배출한 사업장은 배출량을 거래시장에서 판매할 수 있고 할당량보다 많은 양을 배출한 사업장은 배출량을 거래시장에서 구입할 수 있다.

EU 배출권거래제에서 온실가스 배출량 할당은 각 국가별로 할당이 이루어지고 그후에 각 국가별로 산업부문에 대한 할당이 이루어진다. 따라서 산업부문에 대한 할당은 각 국가별로 산업의 특성을 반영하여 상이하다. 할당방법은 대부분 무상배분이며, 과거 역사적 배출량에 따른 절대량 감축이다. 노르웨이의 경우에는 모두 무상배분이며, 산업부문의 배출량 상한은 1998~2001년 기준으로 배출량의 100%로 하였다. 핀란드의 경우에는 모두 무상배분인 것은 노르웨이와 동일하지만 산업부문의 배출량 상한은

1998~2002년 기준으로 배출량의 91%로 하였다.

현재 국제적으로 부문별 온실가스 감축에 대한 논의가 진행 중이다. 향후 불확실한 배출수준 및 급격히 증가하는 개도국의 인프라 구축에 있어 시멘트의 중요성을 고려할 때 시멘트 산업을 대상으로 한 글로벌 배출감축 목표는 동 산업계나 정부에게 부담으로 작용하고 있다. 시멘트 산업계는 배출원 단위 또는 CO₂ 성과표준 등의 정책적인 접근법을 선호한다. 현재 미국은 시멘트 1톤당 이산화탄소 약 1톤, 일본은 시멘트 1톤당 이산화탄소 약 0.73톤을 배출하는 수준이다. 다른 국가에 있어서도 이산화탄소 원단위 감소가 가능하며, 심지어 세계 최고의 에너지 효율을 갖고 있는 일본의 경우에도 35%를 감축할 잠재력이 있는 것으로 추정된다.

전세계 시멘트업계가 모여 WBCSD CSI(The World Business Council for Sustainable Development's Cement Sustainability Initiative)를 발족했는데 중국을 제외하고 세계 시멘트 생산의 약 50%를 공급하는 16개 기업이 가입했다. 동 이니셔티브는 “기후보호 및 이산화탄소 관리”에 대한 내용을 포함하고 있는데, 회원 기업들은 시멘트 생산에서 발생하는 이산화탄소 배출에 대한 감시 및 보고에 대한 공통 접근법을 정비한 CO₂ 프로토콜(WBCSD Cement CO₂ Protocol)을 만들었다. 비록 이니셔티브 차원의 목표 또는 표준이 채택되지는 않았지만, 이 그룹은 “이산화탄소 배출감축에 대한 공공정책 및 시장메커니즘”에 대해 검토하고 있다.

기술적 접근방식으로는 우수기술(Best Technology Practice) 및 APP와 같은 프로젝트의 협력에서부터 기존에 이미 존재하는 기술확산을 위한 국제협력도 있다. 그러나 이러한 국제적 기술협력 노력은 기술혁신에 대한 산업계의 노력을 저하시킬 가능성이 있다. 우수기술(Best Practice)의 확산은 확실히 중국 시멘트제조업의 에너지 효율을 향상시킬 수 있으나, 시멘트제조에 있어 에너지 비용이 가장 중요하다는 점에서 불행히도 아시아지역의 다른 생산자의 경쟁력에 위협이 될 가능성이 있다. 이러한 국제경

쟁력 문제는 APP 시멘트 TF(Task Forces)가 당면한 문제이다.

3. 국내 온실가스 규제 및 대응노력

정부는 기후변화 대응 종합계획 수립, 배출권거래제 도입, 온실가스 통계 시스템 구축, 온실가스 배출사업자 보고 의무 등을 규정한 「기후변화대책기본법(안)」을 8월 29일 입법 예고하였다. 동 법률(案)이 제정되면 기후관련 저탄소 첨단기술 개발 및 신재생에너지 등 기후변화산업 육성을 통한 저탄소 녹색성장을 실현할 수 있는 제도적 토대가 마련되고 「대기환경보전법」, 「에너지기본법」 등 개별법에 산재해 있는 기후관련 규정을 한데 묶어 기후변화대책을 효과적으로 추진할 수 있게 된다는 점에 큰 의의가 있다.

기후변화대책기본법(案)의 주요 내용을 살펴보면, 첫째, 기후변화대응종합계획 및 연차별 시행계획 수립 근거(案 제7조부터 제9조까지)를 마련하고 있다. 정부와 지방자치단체는 5년 단위의 기후변화대응종합계획을 수립하고 이에 따라 연차별 시행계획을 수립·시행한다.

둘째, 기후변화대책위원회 및 실무대책위원회의 설치·운영 근거(案 제11조 및 제12조)를 마련하고 있다. 기후변화대책위원회는 위원장(대통령)과 부위원장(국무총리), 행정기관의 장으로 구성된 당연직 위원과 관련 전문가인 위촉위원으로 구성하며, 기후변화대책의 기본방향 및 전략기획에 관한 사항, 기후변화대응종합기본계획의 수립·시행·점검 및 평가에 관한 사항, 기후변화대응을 위한 연구개발에 관한 사항 등을 심의·의결한다. 기후변화대책실무위원회(위원장: 국무총리실장)는 대책위원회에 상정할 주요정책과 계획을 사전 심의·조정한다. 대책위원회와 실무위원회의 운영지원 및 기후변화대응정책의 효율적 추진을 위해 국무총리실에 사무기구를 설치한다.

셋째, 온실가스 총배출량 통계(인벤토리) 작성·관

리 규정(안 제15조)을 마련하고 있다. 효과적인 기후변화대책의 추진을 위해 매년 온실가스 총배출량 통계를 작성·분석·검증하고 관리한다.

넷째, 사업활동에 따른 온실가스 배출량 보고 규정을 마련(안 제17조)하고 있다. 즉 온실가스의 배출을 줄이기 위해 온실가스를 다량 배출하는 사업자(공공부문 포함)가 사업활동에 의해 배출하는 온실가스의 양을 파악, 산정하고 산정된 배출량을 정부에 보고한다.

다섯째, 온실가스 배출허용량 할당 및 배출권거래제의 근거를 마련(안 제20조 및 21조)하고 있다. 일정 배출량 이상의 온실가스를 배출하는 자에게 배출허용량을 할당하며, 배출허용량의 전부 또는 일부를 거래 가능하도록 한다.

여섯째, 기후변화대응기금 설치·운영 규정을 마련(안 제29조부터 제31조까지)하고 있다. 기후변화 대응관련 국내·외의 사업 등을 효율적으로 추진하고 지원하기 위해 기후변화대응기금을 설치·운영·관리하게 한다.

일곱째, 기타, 민간단체 등의 기후변화대응활동 촉진을 위한 시책, 기후변화 영향 및 취약성 평가 등 국가 기후변화 적응대책 수립, 과학기술 육성과 인력양성 대책 등에 관한 규정을 마련하고 있다.

동 법률(안)은 20일간의 입법예고(9.18일까지) 및 공청회를 거쳐 규제개혁위원회의 규제심사, 당정 협의, 법제처 심사, 국회제출 등의 절차를 거쳐 공포 후 3개월 이후에 발효될 예정이다. 한편, 배출권거래제, 배출량 보고의 발효시기는 사업자 준비기간 및 국제협상 등을 고려하여 시행령에서 규정할 계획이며, 또한 금융·세계상의 지원책을 강구하는 규정을 두어 사업자들이 포스트 교토 체제에 원만하게 대처할 능력을 갖추도록 지원할 계획이다.

특히 산업계와 깊은 관련이 있는 배출권거래제와 관련된 조항은 제20조, 제21조에 나타나 있다. 案 제20조에서는 정부는 일정 배출량 이상의 온실가스를 배출하는 자에게 대통령령이 정하는 할당기준 및

절차 등에 따라 배출허용량을 할당함으로써 온실가스 배출총량을 제한할 수 있으며, 정부 또는 지방자치단체는 배출허용량을 부여받은 자의 감축을 촉진하기 위해 금융·세계상의 지원 등의 방안을 강구할 수 있다. 案 제21조에서는 배출량을 보유한 자는 그 전부 또는 일부를 다른 온실가스 배출량을 제한받은 자 또는 대통령이 정하는 자에게 이전할 수 있고 그 기준과 이전절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. 또한 정부는 배출허용량 할당 및 배출허용량의 거래를 위한 연도별 계획을 수립하여야 한다.

4. 향후 시멘트업계 대처방향

우리나라는 세계 5위의 시멘트 생산국으로서 향후 온실가스 감축에 대한 국제적인 논의에서 중요한 위치를 점하고 있는 점을 고려할 때 이에 걸맞은 온실가스 감축노력을 기울여야 할 것이다.

에너지경제연구원의 분석에 의하면 시멘트업계의 온실가스 감축수단 중에서 한계비용이 음(-)인 여러가지 기술적인 감축수단이 있다. 예를 들면, 페플라스틱, 폐열회수발전, 슬래그시멘트 등이 있다. 따라서 기업들은 이와 같은 기술도입을 서둘러야 할 것이다.

그리고 향후 도입될 국내 배출권거래제도에 대응하기 위해서는 사업장별 배출량에 대한 정확한 인벤토리 구축이 선행되어야 할 것이다. 그리고 배출량 할당과 관련해서 향후 정부가 시멘트업계를 위해서 고려해야 할 사항으로는 우리나라 경제성장률을 반영하여 절대량 감축보다는 온실가스집약도에 기반한 방법이 더 적절한 것으로 보인다. 이러한 온실가스 집약도 방식은 경제성장으로 인한 수요증가에 따른 기업 부담을 줄여줄 뿐 아니라 기업들의 온실가스 감축 사전노력을 반영해 줄 수 있다는 측면에서 바람직하다. ▲