

## 한국 시멘트 업종의 온실가스 저감 가능성에 대한 시나리오 분석

백미숙, 송호준, 신승복, 박진원\*

연세대학교 화학공학과

(jwpark@yonsei.ac.kr\*)

### Scenario analysis for possibility of green house gas reduction in Korea's Cement Industry

Mi-Sook Baek, Ho-Jun Song, Seung-Bok Shin, Jin-Won Park\*

Chemical engineering department, Yonsei university

(jwpark@yonsei.ac.kr\*)

#### 서론

시멘트 산업은 클링커 생산 공정의 탈탄산분해 과정에서 주요 온실가스인 CO<sub>2</sub>가 다량 발생되며, 또한 제품 생산에 필요한 대량의 열에너지를 공급하기 위한 화석연료의 사용으로 인해 온실가스의 배출이 매우 높은 대표적인 에너지 다소비 산업의 하나이다. 2003년 시멘트 부문의 온실가스 배출량은 약 11,700 천TC로 국내 온실가스 배출의 7.3%를 차지하였다.[1]

국제적으로 지구온난화 문제가 크게 부각되고 온실가스 저감을 위한 노력들이 각 분야에서 활발하게 이루어지면서, 온실가스 배출 비중이 높은 시멘트 산업에서도 온실가스 배출 저감을 위해 여러 연구와 투자가 계속되고 있다. 시멘트 업계에서 온실가스 저감을 위해 추진하고 있는 대표적인 방안으로는 -1. 폐자원 및 대체연료 사용을 통한 화석연료 사용 감소 2. 에너지 효율 향상 3. 대체 원료 이용증대- 등이 있다. [2]

본 연구에서는 시멘트 산업의 온실가스 저감상황을 점검하고 이러한 노력들이 가져올 수 있는 저감 성과를 정량적으로 평가·분석하여 효율적인 온실가스 감축방안을 제시하기 위해 에너지 경제모형인 LEAP(long-range energy alternatives planning) 모델을 사용하여 시나리오 분석을 수행하였다.

#### 본론

##### 1. 국내 시멘트 산업의 특징

우리나라 시멘트 산업은 1960년대 경제개발 5개년 계획으로 도약하여 80년대의 건설 붐을 거쳐 2004년에는 시멘트 생산량이 세계 5위에 이를 정도로 빠르게 성장하였다. 이러한 시멘트 산업의 성장은 주로 양적인 발전에 치중하여 이루어져 왔으며, 이는 시멘트 산업은 곧 공해산업이라는 사회적 인식이 널리 퍼지는 계기가 되었다.[3] 또한 기후변화 협약으로 인해 에너지 소비 저감의 필요성이 급격히 증대됨에 따라, 시멘트 산업에 있어서 에너지 및 환경 문제가 주요 당면 과제가 되었다. 이를 해결하기 위해서 시멘트 산업에서는 소각로를 이용한 폐자원의 연료화와 에너지 효율기술 개발 및 클링커 대체 등의 다양한 방법을 활용하고 있다. 이러한 방법들을 통하여 시멘트 산업은 고품질·친환경 선진 산업의 이미지를 형성하고 그 부가가치를 높일 수 있을 것이다.

##### 2. 시멘트 산업의 에너지 저감 기술

국내 시멘트 산업을 모형내에 구축하기 위해서는 우선 현재 시멘트 산업의 기술구성과

각 기술의 에너지 사용량 및 생산량을 파악하여야 한다. Bottom up 형태의 모형에서는 적용된 자료가 세밀할수록 구축된 모형의 신뢰도 및 응용범위가 커진다. 각 개별 사업장의 자료를 이용할 수 있다면 가장 이상적이겠으나, 여기에는 많은 어려움이 따르기 때문에 본 연구에서는 에너지 관리공단과 에너지 경제 연구원, 양회공업협회의 자료를 이용하여 국내 시멘트 산업의 구조를 구축하였다. 현재 이용되고 있는 시멘트 산업에서의 에너지 저감 기술들을 간단히 요약하면 다음과 같다.[4]

Table 1. 시멘트 산업의 에너지 저감 기술 분류

저감 기술 분류	세부항목	발생원	비고
원료대체	점토질	석탄회(fly ash), 슬러지, 소각재	플라이 애쉬시멘트 (KS L 5211)
	규석질	폐주물사, 폐연마제	
	철원료	철강슬래그	고로 슬래그 시멘트 (KS L 5210)
연료대체	폐타이어, 폐플라스틱, 폐비닐, 폐고무	생활 폐기물	
	가변속 유체 커플링, 고효율 cooler	냉각	
에너지 효율	염소 By-pass, 고효율 사이클론	예열	
	Turbo Blower, 연소 버너팁 개선, NSP Kiln	소성	
	폐열발전기술	전기	

3. 분석모형 구축

조사된 기술과 에너지 사용량, 시멘트 생산량을 통해 기준년도 시멘트 산업의 모형을 LEAP상에 구축하였다. 시멘트 생산량 예측은 에너지 경제 연구원의 예상치를 현재 추이로 재보정하여 사용하였으며, 클링커 생산에 의한 공정부문의 배출과 에너지 사용으로 인한 에너지 부문 배출을 분리하여 파악하기 용이하도록 조정하였다. 이렇게 세워진 모형의 내부구조를 다음 Fig. 1에 나타내었다.

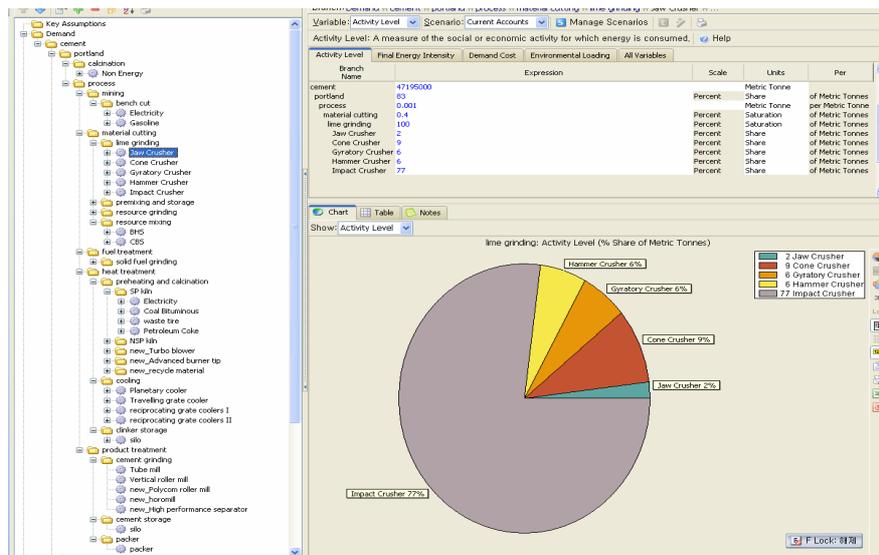


Fig. 1. 구축된 LEAP모형 내부 구조

## 4. 시나리오 설정

시나리오 분석은 일반적으로 현재 추세를 그대로 반영한 기준 시나리오를 설정하고, 이를 바탕으로 다양한 영향요인을 설정한 대안 시나리오의 값을 산출하여 그 변화를 살펴보는 방식으로 이루어진다. 본 논문에서는 다음과 같은 시나리오를 설정하여 각 저감 기술이 가지는 온실가스 저감 잠재성을 평가하였다.

- 기준 시나리오 - BAU (Business As Usual) Scenario  
에너지 경제 연구원의 전망치를 재보정하여 작성된 국내 시멘트 산업 개별 시나리오.

Table 2. 시멘트 생산량 전망

단위 :천톤

	2005	2006	2010	2015	2020
클링커 생산	43,071	42,723	45,734	48,191	51,183
시멘트 생산	47,195	49,199	53,130	56,766	61,131
포틀란트	39,149	39,726	42,504	44,846	47,683
슬래그	8,046	9,473	10,626	11,920	13,448

Table 3. BAU 시나리오 시멘트 부문 기술 점유율(%)

공정	기술	2005	2006	2010	2015	2020
채광	bench cut	100	100	100	100	100
석회석조쇄	Jaw crusher	2	1.4	1	0.5	0
	cone crusher	9	9.6	20	29	35
	gyratory crusher	6	6	4	1.5	0.5
	hammer crusher	6	6	4	1.5	0.5
	impact crusher	77	77	71	67.5	64
사전혼합	claw-wheel	44	44	48	51	52
	portal scraper	10	10	10	9	9
	bridge scraper	22	22	21	20	19
	bucket wheel	11	11	10	10	10
	bridge scraper	13	13	11	10	10
원료분쇄	tube mill	33	33	21	10	1
	vertical roller	67	67	79	90	99
고체원료 분쇄	tube mill	26	26	19	8	1
	vertical roller	74	74	81	92	99
예열 및 소성	SP kiln-4	3	0	0	0	0
	NSP kiln	97	100	100	100	100
냉각	planetary cooler	23	27	53	78	89
	travelling cooler	4	3	3	3	3
	reciprocating cooler(c)	7	8	5	2	1
	reciprocating cooler(modern)	66	62	39	17	7
시멘트 분쇄	tube mill	77	78	79	80	81
	vertical roller	23	22	21	20	19
슬래그	tube mill	24	23	20	19	19
시멘트 분쇄	vertical roller	76	77	80	81	81
혼합	continuous mixer	20	9	0.3	0	0
	batch mixer	80	81	99.7	100	100

- 대안 시나리오 1 - 원료대체 시나리오  
슬래그 시멘트 생산량이 2010년에 25%, 2020년에는 30%로 단계적 증가.

- 대안 시나리오 2 - 연료대체 시나리오  
페타이어의 연료사용 증가로 기존대비 소성로내 유연탄 10% 추가 대체 시나리오.
- 대안 시나리오 3 - 기술보급 시나리오  
원료 분쇄와 소성로를 중심으로 경쟁력 있는 새로운 저감기술로의 점진적 교체

5. 시나리오 결과

2005년을 기준년도로 2006년부터 2020년까지의 각 시나리오상의 온실가스 배출량을 산출한 결과, 기준 시나리오에서 2020년에 2006년 대비 20% 정도가 상승한 44,209천 CO<sub>2</sub>톤의 온실가스 배출이 예상되었다. 각 대안 시나리오별로는 기술대체가 42,489천CO<sub>2</sub>톤으로 가장 적은 배출을 보였으며, 다음으로 슬래그 시멘트 생산 확대가 42,771천CO<sub>2</sub>톤으로 비슷한 수준을 나타내었다. 그러나 페타이어 연료사용 증대는 44,069천CO<sub>2</sub>톤으로 기준 값에 큰 변화를 주지는 못하였다.

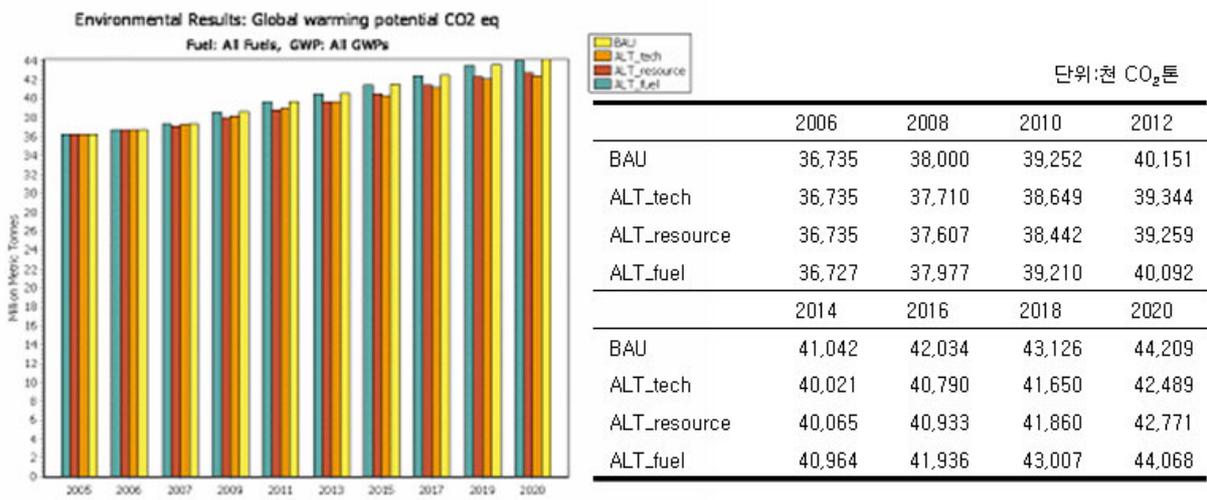


Fig. 2. 각 시나리오별 온실가스 배출량

결론

시멘트 산업의 온실가스 저감잠재력 분석결과, 기술대체의 경우 BAU대비 3.9%저감으로 가장 저감잠재력이 큰 것으로 나타났다. 그 다음으로는 슬래그 시멘트 생산증가의 경우가 3.3%, 마지막으로 페타이어 사용 확대가 0.3%로 가장 적었다. 이는 이미 페타이어의 대체 에너지 사용이 활발하고, 단순히 연료로의 사용저감만을 고려했기 때문이다. 페타이어 처리에 의한 외부적 효과를 고려할 경우 추가적 저감효과가 기대된다. 슬래그와 기술대체를 비교할 경우, 저감 잠재력은 기술대체가 약간 높지만 비용적인 측면에서 슬래그 대체가 온실가스 저감에 더 효율적일 것으로 예상된다.

참고문헌

1. 대한민국정부, “기후변화협약에 의거한 제2차 대한민국 국가 보고서” (2003)
2. 한국 양회공업협회 홈페이지 www.cement.or.kr
3. 산업교육연구소, “2006 화학시장정보총람” (2006)
4. 에너지경제연구원, “산업부문 온실가스 감축 및 에너지절약 잠재량 추정(I)” (2005)