

## 시멘트산업의 CO<sub>2</sub> 배출계수 개발 및 대체연료 사용에 의한 온실가스 저감량 산정 연구

### Development of CO<sub>2</sub> Emission Factors for Alternative Fuels with Assessment of Emission Reduction in Cement Industry

윤석경 · 명수정 · 장태혁<sup>1)</sup> · 김진수 · 이시형 · 김기현 · 전의찬\*

세종대학교 지구환경과학과, <sup>1)</sup>성신양회주식회사

(2007년 7월 23일 접수, 2008년 2월 20일 채택)

Seok-Kyung Yoon, Soo-Jeong Myeong, Tae-Hyeog Jang<sup>1)</sup>,  
Jin-Su Kim, See-Hyung Lee, Ki-Hyun Kim and Eui-Chan Jeon\*

Department of Earth and Environmental Sciences, Sejong University,

<sup>1)</sup>Sungshin Cement Co., Ltd.

(Received 23 July 2007, accepted 20 February 2008)

#### Abstract

We developed emission factors for alternative fuels used in cement industries in Korea and also estimated reduction in emissions of greenhouse gas (GHG) by the use of alternative fuels.

Emission factors for GHG of waste tire, waste plastic, waste oil and RDF were estimated to be about 89, 78, 77 and 95 ton CO<sub>2</sub>/TJ respectively. When compared with previous studies, most of the results showed similar trends. The calorific value estimation and elemental analysis for energy source were implemented in order to estimate the exact emission factors and the reduction of GHG emissions using alternative fuel. In the case of 'A' company, CO<sub>2</sub> emission from alternative fuels was about 4% lower than that of bituminous coal only. Also in case of company 'B', CO<sub>2</sub> emission from alternative fuels was about 1.4% lower than that of only bituminous coal. In Germany and Japan, alternative fuel is not regarded to be fuel consumption in cement industry. When applying this rule, the emission reductions were about 4.3% for company 'A' and 6.3% for company 'B'.

The results of this study may be considered as a useful information for developing strategies in reducing GHG emissions.

**Key words** : Cement industry, Alternative fuels, Greenhouse gas, Emission factor, CO<sub>2</sub>

#### 1. 서 론

지구온난화를 유발하는 대기 중의 온실가스 농도는 산업화의 진행에 따라 꾸준히 증가하는 추세이다.

\*Corresponding author.  
Tel : +82-(0)2-3408-3968, E-mail : echeon@sejong.ac.kr

온실가스가 현재와 같은 비율로 증가하게 되면 2100년까지 지구 전체의 평균기온이 현재에 비해 약 0.8~3.5°C 상승할 것으로 예측하며, 이상기후, 생태계의 교란, 해수면의 상승, 토양침식 증가 등과 같은 추가적인 문제가 예측된다 (Falloon *et al.*, 2007; 이강복, 2002). 이와 같은 지구온난화에 의한 현상은 명백히 인간 활동에 의해 야기된 것으로 추론하고 있다 (Asifa and Muneer, 2007; 임재규, 2004).

우리나라의 경우 그동안 에너지 다소비산업에 대한 지속적인 에너지 절약정책 추진 결과, 에너지 효율은 국제적으로 높은 수준에 이르고 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나, 이러한 노력에도 불구하고, 향후 우리나라가 유엔기후변화협약 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에 의한 온실가스 감축 의무부담을 이행하게 될 경우 시멘트산업을 포함한 에너지 다소비산업이 우선적으로 감축의무를 이행해야 할 것으로 예상된다 (이규용과 이재현, 2005).

특히 시멘트산업은 에너지 사용량이 다른 산업분야에 비하여 매우 많을 뿐만 아니라, 원료에서 이산화탄소가 다량 배출되는 특성을 갖고 있기 때문에 큰 관심이 집중되고 있다 (김현석과 강희정, 2006; CSI (Cement Sustainability Initiative), 2005).

최근 산업이 발달하고 경제 규모가 확장됨에 따라 폐타이어, 폐유 등 산업폐기물과 도시생활폐기물이 다량으로 발생하고 있다. 이들 가연성 폐기물 연소에 따른 대기오염물질 배출과 관련하여 폐기물 처리에 대한 관심이 고조되고 있다 (Stasta *et al.*, 2006; 강현주 등, 2000). 특히 소각처리 수단의 한 방법인 시멘트 킬른은 그 활용도가 높아 크게 각광받고 있으며, 관련 연구 또한 많이 진행되는 것으로 조사되었다 (김상현, 2005; Kääntee *et al.*, 2004; Lemieux *et al.*, 2004; Mokrzycki and Bochenczk, 2004). 시멘트산업은 고온에서의 연소와 긴 반응시간 등으로 인해 CO<sub>2</sub> 외에 다른 온실가스 (Non-CO<sub>2</sub>)는 거의 배출되지 않는다 (UNFCCC, 2006). 따라서 본 연구에서는 온실가스를 CO<sub>2</sub>만으로 국한하여 시멘트산업에서 사용하고 있는 대체연료의 온실가스 배출계수를 개발하고자 하였다. 또한 개발한 배출계수를 시멘트 산업에 적용함으로써 사업장에서 실제 배출되는 온실가스 배출량을 정확히 산정하였다. 그리고, 대체연료 사용에 따른 온실가스 배출 저감량을 산정하여, 시멘트 산업의 온실

가스 저감대책의 하나로서 대체연료의 사용 가능성을 평가하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 온실가스를 이산화탄소로 국한하고, 국내 클링커 생산량의 약 40%에 해당하는 사업장들을 대상으로 연구를 수행하였다. 연구 대상시설로는 대체연료 중 폐유 및 폐합성수지 (RDF)를 많이 사용하고 있는 'A'사업장과 폐타이어와 폐플라스틱을 많이 사용하고 있는 'B'사업장을 연구대상시설로 선정하였다. 정확한 배출량을 산정하기 위해서는 신뢰성있는 배출계수를 산정해야 한다. 따라서 본 연구에서는 각 사업장에서 현재 사용하고 있는 대체연료들의 시료를 채취하여 실험실에서 직접 발열량 분석 및 원소 분석을 수행하였고, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 제시하고 있는 worksheet를 이용하여 배출계수를 개발하였다.

### 2.1 발열량 분석

온실가스 배출계수는 단위 발열량당 탄소함유량을 기준으로 계산하기 때문에 정확한 발열량 분석이 중요하다. 발열량은 가연성 연료가 완전 연소될 때 단위질량당 발생하는 열량을 의미하며, 각종 에너지 통계와 설비 효율 분석의 기초 자료로 활용된다. 발열량 분석기기는 일반적으로 시료를 태워서 발열시키는 bomb 부분과 평형된 온도차를 유지하는 수온조절기로 구성되어있다. bomb에서 가연성물질을 연소시켜 발생하는 열을 수온 변화로 전환하여 온도 대 상물질의 발열량을 측정하게 된다.

발열량은 연료의 종류에 따라 다른 값을 가지게 되며, 같은 연료의 경우에도 연소과정에서 발생하는 수증기의 응축잠열 포함여부에 따라 총발열량 (Gross Calorific Value)과 순발열량 (Net Calorific Value)으로 구분된다. 기후변화협약에 효과적으로 대처하기 위해서는 무엇보다도 정확한 온실가스 발생량 자료를 확보하여야 하므로, 본 연구에서는 시멘트 사업장에서 실제로 사용하고 있는 대체연료의 발열량을 분석하였다. 시료의 발열량 분석을 위하여 IKA사의 WERKE C2000 basic를 사용하였으며, 분석방법은 표준분석방법인 Iso-peribolic 25°C Mode를 이용하였다. 발열량

**Table 1. Reproducibility test for calorific value analysis using benzoic acid.**

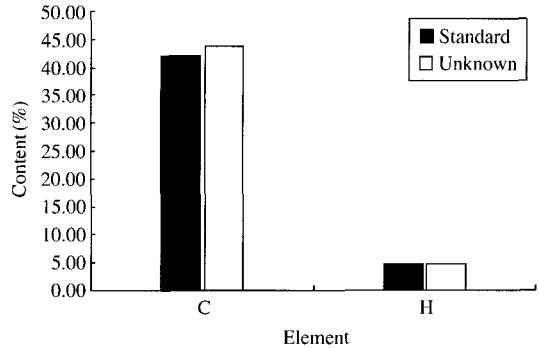
Times	Mass of standard (g)	Net calorific (kcal/kg)
1	0.9997	6,320
2	1.0314	6,319
3	1.0002	6,320
4	0.9983	6,318
5	1.0189	6,321
	Mean	6,320
	S.D.	1.14
	RSD (%)	0.018
	S.E.	0.51
	RSE (%)	0.008
	Min.	6,314
	Max.	6,317

분석의 신뢰도를 확보하기 위하여 표준시료를 이용한 재현성 평가 및 시료 주입량에 따른 평가를 실시하였다. 표 1은 표준시료 Benzoic acid (제조사: Leco, 발열량: 6319±9 kcal/kg)를 이용하여 동일한 방법으로 5회 반복 분석한 결과를 나타낸 것이다. 5회 반복 분석한 평균 발열량은 6,320±1.14 kcal/kg으로서 표준시료 발열량과의 오차는 약 1 kcal/kg, 상대표준편차(RSD)는 0.018%, 상대표준오차(RSE)는 0.008%로 재현성이 매우 우수함을 확인하였다.

**2.2 원소 분석**

원소 분석은 시료를 대상으로, 탄소(C), 수소(H), 질소(N), 연소성 유황(S), 회분(ash)의 함유량을 분석하여, 시료에 대한 질량비로 표시하는 것으로 원소 분석 결과를 이용하여 연소가스 발생량을 계산할 수 있다.

원소분석기의 일반적인 원리는 Dynamic flash combustion method 방식으로 화합물 내의 원소들을 각각 산화시켜 column으로 분리시킨 후, TCD detector를 이용하여 정량해내는 방법이다. 본 연구에서는 대체연료의 탄소와 수소 함량을 분석하기 위해 자동원소분석기(Thermo Finnigan-Flash EA 1112, USA)를 이용하였으며, 원소 분석을 하기 위하여 시료를 전처리한 후 container에 약 1.5~2 mg 주입한 다음 auto-sampler에 주입 후 분석하였다. 컬럼은 ParaQ-X (2 m)를 사용하였으며, 운반가스, 산소, reference 가스의 유량은 각각 140 mL/min, 240 mL/min, 100 mL/min로 설정하였고, furnace 온도와 oven 온도는 각각 900°C



**Fig. 1. Analyzing reproducibility of sulfanilamide.**

와 70°C로 설정하였다.

본 연구에서는 에너지원의 주요 구성 성분 중 C(탄소)와 H(수소)의 원소 분석에 대한 신뢰도를 높이기 위한 검증 실험을 실시하였다. 사용한 원소분석기는 표준시료명과 표준시료에 함유된 각 원소의 함량을 입력한 후 분석 결과를 이용해서 보정하며, 임의의 시료를 주입하여 분석한 값은 표준시료 보정값을 이용하여 보정하게 된다. 표준시료로는 C와 H의 함량이 서로 다른 Sulfanilamide standard (C=41.84, H=4.68, N=16.27, S=18.62, O=18.58)를 사용하였다. 표준시료에 대한 분석 결과, 그림 1에서 보는 바와 같이 C의 경우 표준시료는 41.84%, 사양을 입력하지 않는 표준시료는 43.88%로 분석되었으며, H의 경우 각각 4.68%, 4.65%로 분석되었다. 상대표준편차(RSD)는 각각 3.37%, 0.47%로 분석되어 높은 재현성을 확인하였다.

**2.3 배출계수 산정방법**

본 연구에서는 IPCC에서 제시하는 worksheet에 따라 시멘트산업에서 사용하는 대체연료의 발열량 분석과 원소 분석 결과를 이용하여 대체연료의 배출계수를 산정하였다(IPCC, 1996).

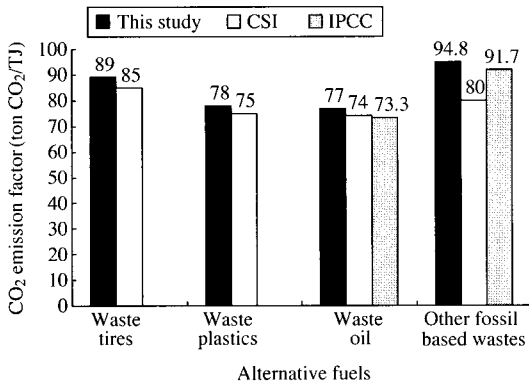
첫 번째 단계는 연료 관련 데이터를 입력하는 단계로서 원소분석 결과를 이용하여 대체연료의 탄소와 수소 함량, 그리고 수분 함량을 적용하여 탄소의 함량을 계산한다. 두 번째 단계는 열 생산량을 계산하는 단계로서, 발열량 분석 결과를 이용하여 대체연료의 총발열량, 순발열량 값을 적용하고, 연료소비량을 이용하여 열생산량(순발열량×연료소비량)을 계

**Table 2. Calorific value and elemental analysis for different fuel types.**

Alternative fuels type	Calorific value		Elemental analysis
	Gross calorific value, dry basis (kcal/kg)		Carbon content (%)
Waste tires	8,613		83.70
Waste plastics	6,679		50.80
Waste oil	4,832		51.79
RDF	8,185		80.98

**Table 3. Emission factors for alternative fuels.**

Fuels type	CO <sub>2</sub>	C
	ton CO <sub>2</sub> /TJ	ton C/TJ
Waste tires	89	24.30
Waste plastics	78	21.18
Waste oil	77	21.02
RDF	94.8	25.86



**Fig. 2. Comparison of various studies for CO<sub>2</sub> emission factors. \*\*CSI (2005), IPCC (1996).**

산한다. 세 번째 단계는 배출량을 계산하는 단계로서, 앞에서 계산한 연료의 탄소 함량과 순발열량을 이용하여 탄소배출계수를 계산하고, 계산한 배출계수에 열생산량을 곱하여 탄소배출량을 계산하는 단계이다. 네 번째 단계는 전 단계에서 계산한 탄소배출계수에 이산화탄소의 분자량을 곱하고 탄소의 분자량으로 나눠줌으로써, 이산화탄소 배출계수를 계산하며, 이산화탄소 배출량은 산정된 배출계수에 열생산량을 곱하여 산정한다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 대체연료의 배출계수 개발

본 연구에서는 대체연료의 배출계수를 개발하기 위하여 앞서 설명한 worksheet의 절차를 활용하여 배출계수를 산정하였다. 대체연료별 발열량 및 원소 분석 값은 표 2에서 보는 바와 같다.

시멘트 산업에서 사용하고 있는 대체연료들의 온실가스 배출계수를 산정한 결과 이산화탄소 배출계수의 경우, 페타이어는 약 89 ton CO<sub>2</sub>/TJ, 폐플라스틱은 약 78 ton CO<sub>2</sub>/TJ, 폐유는 약 77 ton CO<sub>2</sub>/TJ, 폐합성수지 등 RDF의 배출계수는 약 95 ton CO<sub>2</sub>/TJ로 산정되었으며, 배출계수 크기는 RDF, 페타이어, 폐플라스틱, 폐유의 순이었다.

또한, 탄소 배출계수의 경우 페타이어는 약 24 ton C/TJ, 폐플라스틱은 약 21 ton C/TJ, 폐유는 약 21 ton C/TJ, 폐합성수지 등 RDF의 배출계수는 약 26 ton C/TJ로 산정되었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 본 연구에서 산정한 배출계수는 페타이어의 경우 89 ton CO<sub>2</sub>/TJ로서, CSI에서 제시한 85 ton CO<sub>2</sub>/TJ과 비교하여 약 4.7% 높은 값을 나타내었다. 폐플라스틱은 78 ton CO<sub>2</sub>/TJ로서, CSI의 default값과 비교하면 약 4% 높게 산정됨을 확인하였다. 폐유의 경우 77 ton CO<sub>2</sub>/TJ로 산정되었으며, 이는 CSI와 IPCC에서 제공하는 폐유의 default값과 비교하였을 때, 약 4~5% 높은 값을 나타내었다. 폐합성수지의 경우 CSI와 IPCC에서 제공하는 특정 default값이 없기 때문에 기타 폐기물화석연료로 간주하여 비교하였으며, 본 연구에서 산정한 폐합성수지의 배출계수는 94.8 ton CO<sub>2</sub>/TJ로서, CSI와 제공하는 default값과 비교하였을 때는 약 20% 정도 높게 산정되었으며, IPCC의 default값에 비해서는 약 3% 높게 산정되었다.

#### 3.2 대체연료사용에 의한 온실가스 저감량 산정

본 연구에서는 대체연료 사용에 의한 온실가스 배출 저감량을 산정하기 위해 두 가지 방법으로 저감량을 산정하였다.

첫 번째, 두 시멘트 사업장을 대상으로 대체연료를 사용하지 않고 오직 유연탄만을 사용한다고 가정하여 배출량을 산정하여 실제 대체연료 사용에 따른

온실가스 배출량과 비교분석하였다. 그 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 'A'사업장의 경우 대체연료를 사용하지 않았을 경우 연간 약 158만 톤의 이산화탄소를 배출하며, (공정 배출 제외) 대체연료를 사용하

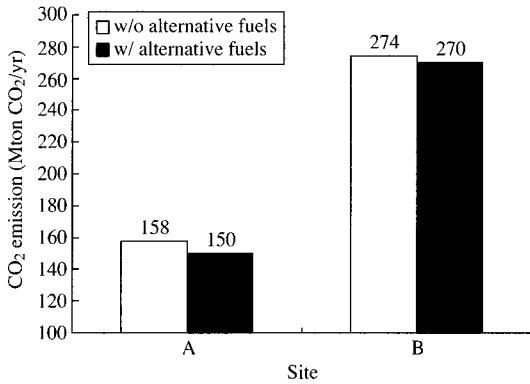


Fig. 3. Comparison of CO<sub>2</sub> emissions according to alternative fuels from objective cement companies.

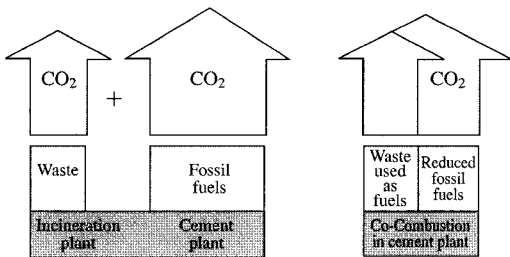


Fig. 4. Valorization of wastes in cement kilns reduces CO<sub>2</sub> emissions. \*\*Martin Schneider VDZ, Dusseldorf Germany.

였을 경우, 연간 약 5%인 약 8만 톤 가량의 이산화탄소가 적게 배출되는 것으로 밝혀졌다. 'B'사업장의 경우 유연탄만을 사용하였을 경우 연간 약 274만 톤의 이산화탄소가 배출되며, (공정 배출 제외) 대체연료를 사용하였을 경우 연간 약 1.4%인 4만 톤 가량의 이산화탄소가 적게 배출되는 것으로 밝혀졌다.

두 번째는 독일과 일본에서 적용하고 있는 방법으로, 독일의 Schneider (2006)와 일본경단련 (2005)보고서에서 발표자료에 따르면, Cembureau사의 경우, 그림 4에서 보는 바와 같이 대체연료 에너지는 에너지 사용량에 포함시키지 않고 '화석연료'와 '구입전력'만을 대상으로 온실가스 배출량을 산정하고 있다. 즉, 전체 온실가스 배출량에서 대체연료 사용 시 배출하는 온실가스 배출량만큼을 삭감해주는 것이다(Schneider, 2006; 일본경단련, 2005).

따라서, 본 연구에서는 독일과 일본의 경우를 적용

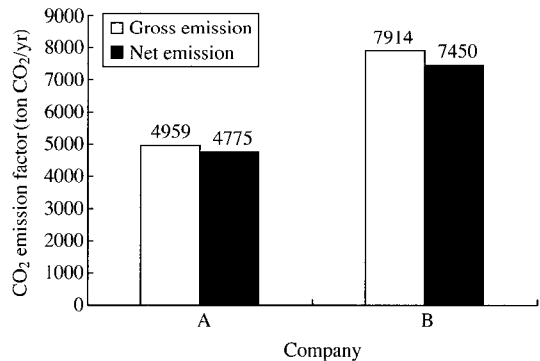


Fig. 5. Gross emission and Net emission from objective cement companies.

Table 4. Estimation of CO<sub>2</sub> emissions using alternative fuels.

Company	Alternative fuels type	Fuel consumption	CO <sub>2</sub> emission factor	CO <sub>2</sub> emission
		ton/yr	ton CO <sub>2</sub> /TJ	ton CO <sub>2</sub> /yr
A	Bituminous coal	548,686	95	1,303,130
	Waste oil	26,013	77	34,538
	RDF	54,180	94.8	160,843
		(628,879)		(1,498,511)
B	Bituminous coal	930,915	95	2,210,923
	Waste tires	156,898	89	481,017
	Waste plastics	5,830	80.57	11,132
		(1,093,643)		(2,703,073)

\*\* ( ) is total value

하여 두 사업장에서 공정까지 고려한 총배출량(Gross emission total)을 산정하고 이를 기준으로 대체연료 사용 시 배출하는 온실가스 배출량을 삭감시켜 순배출량(Net emission)을 산정하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 시멘트산업에서 에너지 사용과 생산공정에서의 총 온실가스 배출량을 산정한 결과 'A'사업장의 경우 연간 약 500만 톤, 'B'사업장은 연간 약 790만 톤의 온실가스를 배출하는 것으로 나타났다. 이렇게 산정한 총 배출량에서 대체연료 사용에 따른 온실가스 배출량만큼을 삭감시켜 각 사업장별로 순배출량(Net CO<sub>2</sub> Emission)을 산정하였다. 그 결과, 대체연료 사용에 따른 온실가스 저감량은 'A'사업장의 경우 약 18만 톤으로 연간 약 4%의 저감효과를 확인하였으며, 'B'사업장의 온실가스 저감량은 약 46만 톤으로 연간 약 6% 저감효과를 확인할 수 있다.

#### 4. 결 론

시멘트산업은 에너지 다소비 업종이며, 또한 공정의 특성상 지구온난화의 주범인 다량의 이산화탄소를 배출하는 산업이다. 우리나라의 경우 현재는 온실가스 감축 의무가 없지만, 포스트 교토체제에서는 의무감축 국가가 될 가능성이 높으며, 이러한 기후변화협상에서 유리한 입장에 서기 위해서는 우리나라 실정에 맞는 고유 배출계수 개발이 무엇보다 중요하다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 시멘트산업에서 실제 사용하고 있는 대체연료를 분석하여 우리나라 고유의 배출계수를 개발하고, 개발한 배출계수를 적용하여 시멘트산업에서의 온실가스 배출량을 보다 정확하게 산정하였다. 또한 대체연료 사용에 의한 온실가스 배출량을 산정하여 시멘트산업의 온실가스 저감대책의 하나로서 '대체연료 사용'의 가능성을 평가하였다.

연구결과, 시멘트산업에서 사용하고 있는 대체연료의 온실가스 배출계수는 페타이어 약 89 ton CO<sub>2</sub>/TJ, 페플라스틱 약 78 ton CO<sub>2</sub>/TJ, 폐유 약 77 ton CO<sub>2</sub>/TJ, 그리고 RDF 약 95 ton CO<sub>2</sub>/TJ로 산정되었으며, 배출계수의 크기는 RDF > 페타이어 > 페플라스틱 > 폐유 순으로 밝혀졌다.

대체연료의 사용에 따른 온실가스 저감량을 평가해본 결과 유연탄만을 사용하는 것으로 가정하였을

때 'A'사업장의 경우 연간 약 158만 톤의 이산화탄소를 배출하며, 대체연료를 사용하였을 경우, 연간 약 5%인 약 8만 톤 가량의 이산화탄소를 적게 배출하는 것으로 밝혀졌다. 'B'사업장의 경우 유연탄만을 사용하였을 경우 연간 약 274만 톤의 이산화탄소를 배출하며, 대체연료를 사용하였을 경우, 연간 약 1.4%인 4만 톤 가량의 이산화탄소를 적게 배출하는 것으로 밝혀졌다. 또한, 유럽이나 일본의 경우처럼 대체연료 사용을 에너지 사용량에 포함시키지 않고 순배출량 개념을 적용하여 배출량을 산정해 본 결과, 시멘트산업에서 에너지사용과 생산공정에서의 총온실가스 배출량은 'A'사업장의 경우 연간 약 500만 톤, 'B'사업장은 연간 약 790만 톤의 온실가스를 배출하는 것으로 나타났다. 이렇게 산정한 총 배출량에서 대체연료 사용에 따른 온실가스 배출량만큼을 삭감시켜 각 사업장별로 순배출량(Net CO<sub>2</sub> Emission)을 산정해 본 결과, 대체연료 사용에 따른 온실가스 저감량은 'A'사업장의 경우 약 18만 톤으로 연간 약 4%의 저감효과를 확인하였으며, 'B'사업장의 온실가스 저감량은 약 46만 톤으로 연간 약 6% 저감효과를 확인할 수 있다.

IPCC에서는 대체연료 사용 시에도 대기 중으로 온실가스가 배출되므로 배출계수 차이에 의한 저감량만 고려하고 있다(IPCC, 1997, 1996). 그렇지만 독일, 일본 등에서는 폐기물 재활용을 촉진하고 화석연료 사용량을 억제하기 위하여, 대체연료 사용에 따른 온실가스 배출량을 해당 사업장의 온실가스 감축분으로 인정하고 있다(Schneider, 2006; 일본 경단련, 2005). 따라서 우리나라도 온실가스 배출량 감소에 따른 환경상 이득을 감안한다면, CSI Protocol(WBSCSD, 2005)에서 제시하고 있는 "순 배출량" 개념 도입을 적극 검토할 필요가 있다.

#### 참 고 문 헌

- 강현주, 홍성수, 임계규, 오희갑, 김정석, 민경소(2000) 고품질 폐기물 소각재를 이용한 alinite 시멘트의 합성, 한국세라믹학회지, 37(8), 768-773.
- 김상현(2005) 생활폐기물을 시멘트 킬른의 대체연료로 활용하는 방법에 관한 연구, 강원대학교 대학원 환경학과 석사학위논문.
- 김현석, 강희정(2006) 시멘트산업의 온실가스 배출저감 시

- 나리오 분석, 한국대기환경학회지, 22(6), 912-921.
- 이강복(2002) 매립지 온실가스 분석에 관한연구, 호서대학교 대학원 교육석사학위논문.
- 이규용, 이재현(2005) 대기오염물질과 온실가스 배출권 거래제 연계 방안, 한국대기환경학회지, 21(6), 561-571.
- 일본 경단련(2005) 자발적 활동 계획에 대한 Follow-up 결과 보고서.
- 임재규(2004) 기후변화협약 제3차 국가보고서 작성을 위한 기반연구, 에너지경제연구원.
- Asifa, M. and T. Muneer (2007) Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 11, Issue 7, September 2007, 1388-1413.
- CSI (2005) CO<sub>2</sub> Accounting and reporting standard for the cement industry, WBCSD.
- Falloon, P., C.D. Jones, C.E. Cerri, R. Al-Adamat, P. Kamoni, T. Bhattacharyya, M. Easter, K. Paustian, K. Killian, K. Coleman, and E. Milne (2007) Climate change and its impact on soil and vegetation carbon storage in Kenya, Jordan, India and Brazil, Agriculture Ecosystems and Environment, 114-124.
- IPCC (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Workbook.
- IPCC (1997) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual.
- Lemieux, P., E. Stewart, M. Reaff, and J.A. Mulholland (2004) Emissions study of co-firing waste carpet in a rotary kiln, Journal of Environmental Management, 27-33.
- Mokrzycki, E. and A.U. Bochenczk (2004) Alternative fuels for the cement industry, Applied Energy, 74, 95-100.
- Schneider, M. (2006) Climate Change-and CO<sub>2</sub> reduction a Challenge for the cement industry, VDZ, Dusseldorf, Germany.
- Stasta, P., J. Boran, L. Beber, P. Stehlik, and P.J. Oral (2006) Thermal processing of sewage sludge, Applied Thermal Engineering, 1420-1426.
- Ukaantee, R., R. Zevenhoven, M. Backman, and Hupa (2004) Cement manufacturing using alternative fuels and the advantages of process modelling, Fuel processing technology, 85, 293-301.
- UNFCCC (2006) Emission reduction through partial substitution of fossil fuels with alternative fuels in cement manufacture.
- WBCSD (2005) A Corporate Accounting and Reporting Standard, CSI.