

## 1C4) 시멘트 산업부문 온실가스(CO<sub>2</sub>) 배출계수 산정 연구

### A Study on the Estimation of Emission Factors for Greenhouse Gas(CO<sub>2</sub>) in Cement Industry

송형도 · 홍지형 · 엄윤성 · 이수빈 · 김대곤 · 김정수

국립환경과학원 환경총량관리연구부 대기총량과

#### 1. 서 론

배출계수는 배출량 추정 및 예측, 대기오염방지설비의 설계, 배출량 저감계획의 수립 등에 매우 유용하게 이용될 뿐만 아니라, 배출특성을 간접적으로 파악할 수 있다. 이러한 이유로 선진외국에서는 오래 전부터 많은 비용과 인력을 동원하여 대기배출자료를 국가적으로 목록화하는 작업을 추진하여 왔으며, 국가 대기배출량을 일정한 형식과 산정방법에 의하여 체계적으로 관리하고 있다. 그러나 국내의 경우 일반 대기오염물질의 경우는 그 체계가 잡혀가고 있으나 온실가스의 경우는 연구가 미진한 실정이다.

지구 온난화를 유발하는 대기오염물질 저감을 위한 국제적인 대응책으로 1992년 브라질 리우에서 개최된 UN 환경개발회의에서 기후변화협약을 체결하였다. 특히 지난 1997년 12월 일본의 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국총회를 통하여 교토의정서가 채택됨으로서 더욱 활발한 양상을 띠고 있으며, 2008-2012년간 국가전체의 배출총량을 1990년 수준보다 최소 5% 감축하는 목표를 정하고 있다. 따라서 이러한 국제적 환경에 대처하기 위해서는 국가 고유의 배출특성 값 및 배출계수의 개발 및 구축이 필수적이다.

본 연구의 최종 목적은 배출원 분류체계에 맞추어 국내특성을 반영한 산업 및 공정시설별 CO<sub>2</sub> 배출 특성 및 배출계수를 체계적으로 개발·구축하는 것이며, 본 발표에서는 시멘트산업을 대상으로 하였다. 국내의 대기배출원 분류체계는 이미 제시한 바 있으며(국립환경연구원, 2005; 허정숙 등, 2002), 시멘트 제조공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출은 소성시설의 연료연소와 석회석의 소성과정에서 주로 발생하는 것으로 조사되었다.

#### 2. 연구내용 및 방법

시멘트부문 표준사업장 선정과정은 2003년 현재 source data management(SODAM)에 시멘트 제조업으로 등록된 1, 2, 3종 사업장을 대상으로 하였으며, 현재 등록된 관련 사업장은 총 23개였다(국립환경연구원, 2004). 이들 사업장중 우선 생산제품을 고려하여 연료사용량, 오염물질 배출량, 배출시설 및 방지시설 현황을 분석하였으며, 또한 사전 접촉을 통하여 공정의 정상가동여부 및 표본사업장으로서 선정이 타당한가를 확인 후 최종 5개 사업장을 조사대상 표본사업장으로 선정하였다.

사전 현장조사와 문헌조사를 통하여 시멘트부문 CO<sub>2</sub>의 일반적인 배출특성 및 배출원 조사표를 개발하였으며, 현장 본 조사에서는 조사표 작성과 배출특성 값의 신뢰성을 확보하고 실시간 측정을 수행하였다. 이러한 확보된 자료를 바탕으로 배출시설과 방지시설 형태별로 제품생산량을 기준으로 CO<sub>2</sub> 배출계수를 최종 산정하였다.

수집된 자료 및 생산된 배출계수에 대한 등급 기준을 정량적으로 확보하고, 등급을 부여함으로써 배출계수를 효율적으로 관리하도록 하였다. 자료에 대한 등급부여는 대기공정시험방법에 의한 측정유무와 측정횟수를 기준으로 A, B, C, D등급으로 분류되며, 배출계수 등급은 업종별 대상 사업장 (1, 2, 3종) 수에 대하여 본 연구에서 조사한 사업장 수가 차지하는 비율을 고려하여 A, B, C, D, E, F등급으로 분류하였다. 또한 모든 배출계수는 대기배출원 분류체계에 따른 오염원분류코드 (Source Classification Code, SCC)로 분류되어 체계적으로 개발되며, SCC 코드에서 제 1분류는 기타산업공정, 제 2분류는 광물생산, 제 3분류는 해당 사업장의 표준산업분류체계, 제 4분류는 제품종류, 제 5분류는 공정 및 배출시설로 나타난다.

### 3. 결과 및 고찰

시멘트 제조공정은 석회석 채취 및 조쇄, 원료 분쇄, 연료분쇄, 소성 및 냉각, 시멘트 분쇄 등으로 이루어진다. 주요 CO<sub>2</sub> 배출공정은 소성시설(preheater 포함)에서 연료연소와 석회석 소성과정에서 발생되며, 연료연소 및 공정부문의 배출이 함께 존재한다. 에너지부문의 연료연소에 의한 배출은 소성시설에서 에너지원으로 사용되는 유연탄 및 폐기물(타이어 칩, 합성수지 등)의 연소에 의한 것이며, 공정부문의 배출은 소성시설에서 석회석 소성과정에 의하여 발생된다.

그림 1은 시멘트 제조업체에서의 실시간 실측예를 나타낸 것이며, 산업공정에서의 실측은 공정특성이 반영되도록 공정주기를 파악하여 수행하는 것이 중요하다. 그림 2는 IPCC에서 제시하고 있는 배출량 산정식과 사업장에서 조사한 배출특성 값(크링커내 생석회 함량, 연료의 탄소함량 등)을 이용하여 산정된 배출량과 본 연구의 실측에 의한 배출량을 비교한 그림이다. 특히, 그림 2의 오른쪽 그래프의 경우 IPCC 산정지침에 따른 것 중 연료연소와 공정부문의 배출량 발생량을 비교한 그림이다. 일반적으로 시멘트의 경우 공정배출원으로 파악하고 연료연소부문의 배출량을 무시하는 경우도 발생할 수도 있으나, 국내 시멘트 산업의 경우 이를 무시할 수 없는 양으로 분석되었다. 이러한 과정을 통하여 최종 개발된 소성시설의 CO<sub>2</sub> 배출계수는 A 등급으로 9.01E-01 ton/크링커 생산량 (IPCC의 경우 : 0.51, 미국의 경우 : 0.92)이었다.

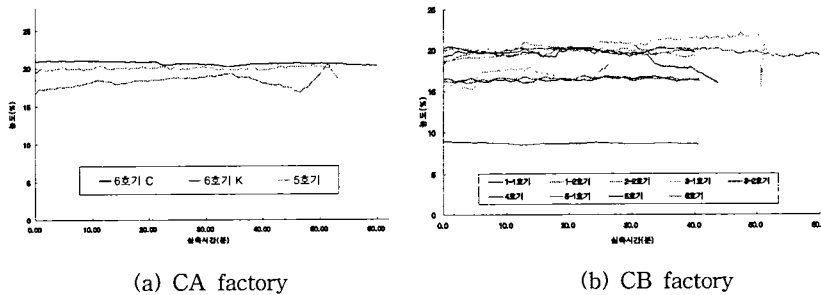


Fig. 1. CO<sub>2</sub> concentration of cement kiln factories.

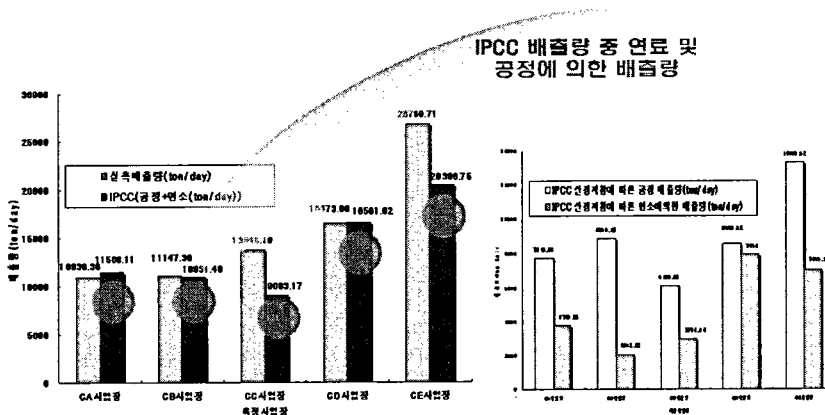


Fig. 2. Comparison of emissions for measured concentration and IPCC.

## 참 고 문 헌

국립환경연구원 (2004) 2003년도 대기배출원조사.

국립환경연구원 (2005) 산업공정과 대기오염물질 배출계수.

엄윤성, 이은정, 김대곤, 이대균, 방선애, 이석조, 홍지형 (2004) 시멘트 및 석회산업에서의 대기오염물질 배출특성과 배출계수 산정에 관한 연구, 한국대기환경학회 2004년 춘계학술대회 논문집, 361-362.

허정수, 이덕길, 홍지형, 석광설, 이대균, 엄윤성 (2002) 새로운 대기오염물질 배출원 분류체계에 관한 제안, 한국대기환경학회, 18(3), 231-245.

IPCC (2001) Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.

International Panel on Climate Change (IPCC) (1996) Greenhouse Gas Inventory Reference Manual (Revised), v.3.

International Panel on Climate Change (IPCC), (1996) Greenhouse Gas Inventory Workbook (Revised), v.2.

WRI/WBCSD (2001) The Greenhouse Gas Protocol.

WRI/WBCSD (2004) The Greenhouse Gas Protocol - a Corporate Accounting and Reporting Standard( revised edition).