

## 2D3) IPCC 시나리오에 따른 전 지구 미래 대기오염물질 배출량 산정 및 분석

### Development and Analysis of Global Scale Emission Inventories based on IPCC Scenarios

서지현 · 선우영 · 정부전 · 최기철 · 우정현 · 윤대옥<sup>1)</sup> · 박록진<sup>1)</sup> · 송창근<sup>2)</sup>

건국대학교 신기술융합학과, <sup>1)</sup>서울대학교 지구환경과학부

<sup>2)</sup>국립환경과학원 지구환경연구소

#### 1. 서 론

인위적 오염원 배출량이 급격히 증가하고 있으며 이러한 경향은 미래에도 지속될 것이므로 과거, 현재, 미래의 배출목록 개발은 지역적, 전 세계적 대기 환경을 이해하고 관리하는데 매우 중요하다(Ohara et al., 2007). 이에 따라 미래의 대기화학환경의 변화를 이해하고 예측하기 위해서는 정교한 수치모델링을 필요로 한다. 이러한 모델링작업에는 대기오염물질 배출량이 주요한 입력 자료이므로 이를 지원할 수 있는 전 지구 지역의 배출량을 작성하는 작업이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 전 지구 규모의 배출처리 시스템을 개발하여 미래(2001~2100년)에 대한 배출목록을 작성하였다. 이를 통하여 미래의 배출량 변화가 기후와 대기환경에 미치는 영향에 대한 연구를 지원하고, A2와 B1 양 극이 되는 시나리오에 대한 배출량 자료를 작성하여 미래 배출량 발생 범위를 예측하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 배출목록을 크게 대기오염물질( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , NMVOC, CO, BC, OC,  $\text{NH}_3$ )과 온실가스( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ )로 구분하여 작성하였다. 기준연도 배출량으로는 선행 연구(정부전, 2009)에서 작성한 2000년 배출량을 사용하였으며, 전 지구 변화에 대한 동적 통합 평가 모델링인 RIVM IMAGE (Integrated Model to Assess the Global Environment) 2.2 Model(IMAGE-team, 2001)에서 제공하는 시나리오별 배출량에서 추출한 연도 변환계수를 기준연도에 적용하였다. A2, B1 시나리오에 대하여 2001년에서 2100년까지, 100년 동안의 미래배출량을 산정하였으며, 이렇게 산정된 배출량을 이용하여 연, 월 배출량 변화경향, 지역분포 변화, 선행연구와의 비교 등의 분석을 진행하였다. 또한 여러 단계를 거치는 배출량 작성과정을 GIS와 FORTRAN 프로그램을 이용하여 모듈화하고 이를 통합한 배출자료처리 시스템을 개발하였고, 이를 KU-EPS(Konkuk University Emission Processing System)라고 명명하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

본 연구 결과 배출목록은 2000년도 배출량을 기준으로 2001년에서 2100년까지의 기간에 대해 매 10년 간격으로 작성되었으며, 월 단위의 시간적 해상도와  $1^\circ \times 1^\circ$ 의 공간적 해상도를 갖는 전 지구 규모의 배출량 자료를 A2 시나리오와 B1 시나리오 별로 작성하였다. 간단한 미래 배출량 작성 결과를 대표적인 대기오염물질과 온실가스인  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ 를 선정하여 매 10년 간격의 배출량 변화를 각 시나리오별로 정리하여 제시하였다.

표 1을 살펴보면 물질 별로 배출량 증감 정도의 차이는 있지만, 전체적으로 2100년 배출량을 기준으로 A2 시나리오의 경우 기준연도보다 배출량이  $\text{SO}_2$  약 58%,  $\text{NO}_x$  약 206%,  $\text{CO}_2$  약 317% 증가하였으며, 이와 반대로 B1 시나리오의 경우 기준연도보다 배출량이  $\text{SO}_2$  약 83%,  $\text{NO}_x$  약 56%,  $\text{CO}_2$  약 21% 감소하였음을 확인할 수 있다.

Table 1. Emission and growth rate of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub>.

(unit: Tg)

Scenario	A2			B1		
	2000 <sup>(a)</sup>	2100 <sup>(b)</sup>	Diff(%) <sup>(c)</sup>	2000 <sup>(a)</sup>	2100 <sup>(b)</sup>	Diff(%) <sup>(c)</sup>
SO <sub>2</sub>	127.18	201.66	58.56	127.18	20.47	-83.90
NO <sub>x</sub>	98.85	302.54	206.06	98.85	43.15	-56.35
CO <sub>2</sub>	27186.00	113415.89	317.18	27186.00	21263.17	-21.79

$$*(c) = \frac{(b) - (a)}{(a)} * 100$$

SO<sub>2</sub>에 대하여 세부적인 배출량 증감 경향과 물질 별, 섹터 별 배출량 기여도의 차이를 살펴보면 그림 1과 같다. SO<sub>2</sub>의 경우 A2 시나리오는 2000~2060년까지는 배출량의 증가를 나타내다가 2070년경부터 배출량의 감소를 나타내었으며, 배출량 기여도가 가장 큰 부문은 발전부문으로 나타났다. B1 시나리오는 배출량의 꾸준한 감소를 나타내었으며, 주요한 배출기여도를 나타낸 섹터는 발전부문과 산업부문으로 나타났다.

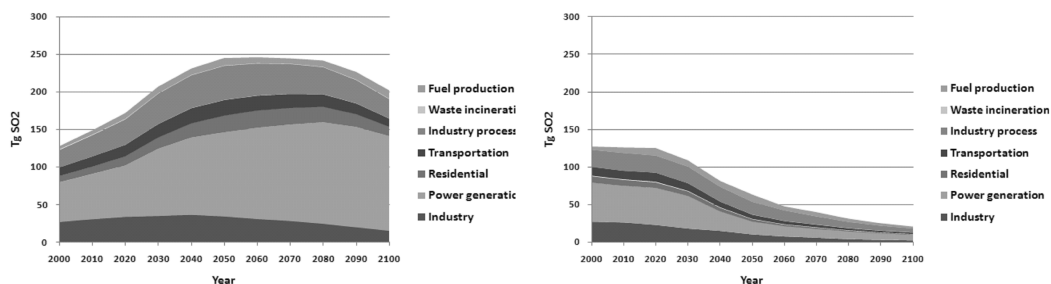


Fig. 1. Emission trends(2000~2100) (left: A2 scenario, right: B1 scenario).

본 연구를 통하여 전 지구 규모 및 동아시아 규모의 대기화학 모델링 시스템을 지원하기 위한 모델링 배출목록을 생산하고, 과거-현재-미래, 전 지구와 지역규모, 대기화학과 기후라는 여러 연관 요소들을 통합하는 모델링을 지원하기 위한 다량의 자료를 효과적으로 처리하고 검증할 수 있게 될 것으로 사료된다.

### 사 사

본 연구는 국립환경과학원 “전구 대기화학 모델링 연구(III)”의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

정부전 (2009) 전 지구 규모 배출목록 처리 시스템 개발 및 모델링 배출목록의 산정, 2009년 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, 146-147.

IMAGE-team (2001) The IMAGE 2.2 implementation of the SRES scenarios. A comprehensive analysis of emissions, climate change and impacts in the 21st century. Main disc. RIVM CD-ROM publication 4815080818, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands.

Ohara, T. et al. (2007) An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980-2020, Atmos. Chem. Phys., 7, 4419-4444.