

PC1) 수도권 지역의 오존예측에 대한 CMAQ과 CAMx 결과 비교

A Comparison of Ozone Simulation using CMAQ and CAMx over Seoul Metropolitan Area

문난경 · 이강열 · 김순태¹⁾

한국환경정책·평가연구원, ¹⁾휴스턴대학교

1. 서 론

수도권은 우리나라 전체 국토면적의 약 12%에 불과하나, 총 인구의 47%가 거주하는 고도의 집중지역으로서 도시개발, 교통량, 에너지량, 산업단지 등에 의한 오염물질 배출량의 증가로 환경용량을 넘어선 것으로 평가되고 있으며, 수도권 지역의 대기오염은 타 지역에 비해 더욱 심각한 실정이다.

이러한 수도권 지역의 농도분포를 예측·분석하거나, 대기오염관리대책의 효과를 미리 비교·평가하기 위하여 오염물질의 배출, 이류 및 확산(dispersion), 반응(chemical and photochemical reactions), 침적(deposition) 등 일련의 과정들을 수식으로 표현하여 대기오염의 배출원과 수용체 사이의 인과관계를 수치적으로 모사할 수 있는 대기오염모델링이 주로 활용된다.

본 연구에서는 최근 널리 쓰이고 있는 CMAQ(Community Multi-scale Air Quality Modeling System, EPA, 1999)과 CAMx(Comprehensive Air quality Model with Extensions, ENVIRON, 2006)를 수도권지역에 각각 적용하고, 그 결과를 비교·검토해보고자 한다.

2. 모델링 실행 조건

CMAQ과 CAMx는 광화학 오일러리안 모델로서 네스팅이 가능하고 사용자가 여러 가지 chemical mechanism과 solver를 선택해서 쓸 수 있는 큰 장점이 있다. 또한, 오존뿐만 아니라 입자상 물질과 비반응성 물질 등 여러 가지 오염물질을 동시에 모사할 수 있다.

본 연구에서는 고농도 오존이 수 일 동안 지속되었던 기간을 포함하는 2004년 6월 1일~6월 15일을 모델링 기간으로 선정하고, 공간적인 범위는 경계자료의 불확실성을 최소화하고 효과적인 대기질 수치모의를 하기 위하여 등지격자 형태로 세 개의 모델영역을 구성하여 수치모의 하였다. 도메인의 격자 크기는 각각 27km, 9km, 3km이며 해상도는 각각 98×98, 68×68 그리고 65×56으로, 연직은 23개의 σ -좌표로 구성하였다.

기상입력 자료는 MM5(the Fifth-Generation Meso-scale Modeling system, Dudhia, 1993) 결과를 사용하였으며, 고해상도 기상을 효과적으로 수치모의 하기 위해 3D analysis nudging을 실시하였다. 배출량 인벤토리는 CAPSS(2004)를 사용하였으며, SMOKE의 입력자료로 만드는 전처리과정(Moon et al., 2007)을 거쳐 모델링 입력자료인 매시간 배출량을 생성하였다. 본 연구에서는 SAPRC99 화학메커니즘을 사용하였다.

CMAQ과 CAMx의 모델링 조건은 표 1에 간략하게 명시하였다.

Table 1. Configuration of CMAQ and CAMx.

	CMAQ	CAMx
Meteorological Model	MM5	
Horizontal grid	98×98, 68×68, 65×56	
Vertical grid	23 layers	
Horizontal resolution	27km, 9km, 3km	
Chemical mechanism	SAPRC99	
Chemistry solver	ebi_saprc99	CMC

3. 결과 및 고찰

그림 1은 모델링 기간 중 고농도가 지속되었던 2004년 6월 3일 15시에 수치모의된 NO_x와 O₃ 농도의 수평분포를 나타낸 것이다. 왼쪽 두 그림은 CMAQ과 CAMx의 NO_x 농도 결과이고, 오른쪽 두 그림은 CMAQ과 CAMx의 O₃ 농도 결과이다. 두 모델의 결과를 비교해 볼 때, CMAQ과 비교하여 CAMx가 O₃ 생성률이 높은 것으로 분석되었으며, 이것은 CAMx가 CMAQ에 비하여 NO_x 농도가 낮게 모사되어 titration이 낮아서 나타난 결과로 사료된다. 여기에 대한 보다 상세한 분석을 위하여 Process Analysis, 환경기준치 설정 오염물질을 중심으로 각 관측지별 시계열 분석 및 상관분석 등이 이루어졌다.

그림 2는 O₃와 NO₂의 시계열분석 결과를 나타낸 것으로 수평분포에서 본 바와 마찬가지로 CAMx로 실행한 O₃ 농도가 CMAQ의 결과보다 전 시간대에 걸쳐 높게 모사됨을 알 수 있다. 특히, 6월 3일과 4일의 고농도 오존 기간에는 CAMx의 결과가 잘 모사되었으며, 야간의 O₃ 농도는 CMAQ의 결과가 상대적으로 모사가 잘 된 것으로 보인다. 그러나 두 모델결과에 대한 보다 상세한 분석을 위하여 Process Analysis, 환경기준치 설정 오염물질을 중심으로 각 관측지별 시계열 분석 및 상관분석 등의 다양한 분석이 이루어져야 할 것이다.

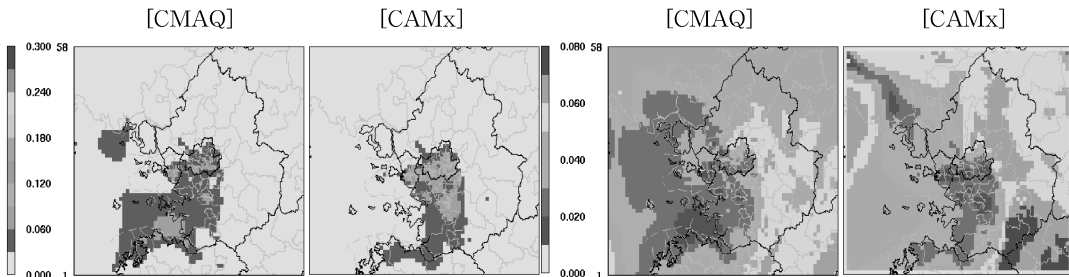


Fig. 1. The horizontal distribution for NO_x(left) and O₃(right) concentration simulated by CMAQ and CAMx at 2004. 06. 03. 1500LST.

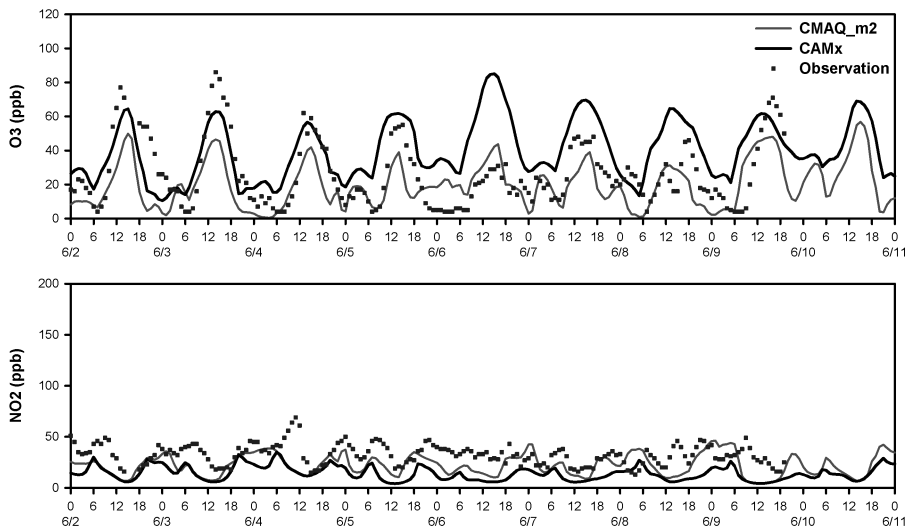


Fig. 2. The diurnal variation for O₃(upper) and NO₂(lower) concentration simulated by CMAQ and CAMx for episode period.

참 고 문 헌

- Carolina Environmental Programs (2003) Sparse Matrix Operator Kernel Emissions(SMOKE) Modeling system. University of North Carolina, Chapel Hill, NC.
- Dudhia, J. (1993) A nonhydrostatic version of the penn stat/NCAR mesoscale model: validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front, *Mon. Wea. Rev.*, 121, 1493-1513.
- ENVIRON (2006) User's guide for the Comprehensive Air Quality Model with Extensions, ENVIRON International Corporation.
- Nankyong, S. Kim and D.W. Byun (2007) "Air Quality Modeling System II - Development of Emissions Preparation System with the CAPSS", Korea Environment Institute 2006.
- U. S. Environmental Protection Agency (1999) Science algorithms of the EPA Model-3 Community Multiscale Air Quality(CMAQ) modeling system, <http://www.epa.gov/asmdnerl/models3/doc/science/science.html>.