

3A3) 서울지역 6월 고농도 오존 현상의 기상효과와 사례일 모델링

Meteorological effects on high-ozone phenomena in June and modeling of ozone episode

오인보 · 김유근 · 황미경 · 김동영¹⁾

부산대학교 대기과학과, ¹⁾경기개발 연구원

1. 서 론

서울지역의 고농도 오존 현상은 초여름인 6월에 집중적으로 나타난다. 이러한 이유는 오존 생성에 적절한 기상조건이 형성되기 때문으로, 강한 일사량과 상대적으로 적은 강수빈도가 주된 원인임을 기존 여러 연구에서 밝히고 있다. 하지만 6월 고농도 현상의 보다 정확한 원인 해석을 위해서는 오존의 수송 및 도시 내 축적과정과 관련된 기상효과의 이해가 필요하며, 이는 종관장 패턴과 국지기상의 상호 유기적인 영향을 분석함으로써 가능하다. 또한 6월 고농도 현상은 봄철 성층권/상부대류권 오존의 연직수송과 관련한 특정 고농도 사례와는 달리 빈도 높은 서울의 전형적인 오존오염 형태로 볼 수 있으며, 6월 고농도 사례일의 오존 모델링을 통해 이를 정확히 이해할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 6월 고농도 오존일의 종관패턴과 국지기상 특성을 분석하여 고농도 발생의 기상효과를 연구하였으며, 아울러 수치모델링을 통해 6월 고농도 사례일의 공간적인 오존 분포 특성을 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 6월 고농도 오존일의 종관패턴 및 국지기상 특성

본 연구에서는 서울지역 27곳 대기질 측정소 중 2곳 이상에서 현 우리나라 환경기준치인 8시간 평균 60 ppb를 초과한 날을 고농도 오존일로 선정하였으며, 대상기간은 1998년부터 2000년까지 3년으로 하였다. 또한 분석의 신뢰성을 위해 일 측정치가 75% 이상인 날을 대상으로 유효한 자료를 구성하였다.

3년간 선정된 6월 고농도일의 종관기상장 패턴을 파악하기 위해서 일본기상청 발행 수치 지상일기도를 사용하였으며, 고기압의 위치와 범위를 중심으로 분석하였다. 또한 고농도 일의 종관기류 형태를 파악하기 위해 HYSPLIT4 (Hybrid Single-Particle Lagrangian Intergrated Trajectory) 모델을 이용하여 등온위면 후방궤적 분석을 수행하였다. 모델에 사용된 자료는 NCEP/GDAS로 위·경도 1°간격의 자료를 북반구에 대해 129×129 격자간격으로 변환한 FNL 자료가 사용되었다. 모델 수행에 있어 등온위면 방법을 사용하였으며 지표면의 국지적 영향을 받지 않은 최저고도인 1500m 고도에서 4일간 하루 2회 (0000 UTC, 1200 UTC) 1시간 간격으로 기류이동경로를 계산하였다.

2.2 수치모델링

서울지역 고농도 오존일의 수평 및 연직 오존분포를 파악하기 위해 6월 고농도 오존 현상의 대표적인 사례일로 1999년 6월 5일을 선정하여 수치모의를 하였다. 본 연구에서 사용한 모델은 UAM-V (The Variable grid Urban Airshed Model)로서, 기존의 UAM에 비하여 grid nesting 기능 등이 보완된 지역규모의 오일리안 대기확산모델로서 대기에서의 물리적, 화학적 과정을 모사하며 화학적으로 반응성 물질과 비반응성 물질의 농도를 계산하는 3차원 광화학 격자모델이다 (SAI, 1999).

모델링 기간은 1999년 6월 5일을 중심으로 3일간 (4~6일)으로 하였으며 24시간의 초기적용 시간을 주었다. 모델링 영역은 서울을 중심으로 한 100 km × 100 km로 총 50 × 50개의 격자로 구성하였으며 격자 간격은 2km로 하였다. 기상입력자료는 MM5로부터 얻어진 20층의 매 시간 기상자료 (기온, 바람장, 습도, 고도별 기압, 연직 확산계수)를 사용하였으며, MM5 모델 수행 시 하층대기의 수치모의 정확성 향상을 위해 대기경계층내의 물리과정을 보다 상세히 모사할 수 있는 MRF-PBL 옵션을 사용하였다. 배출량 입력자료의 경우 Kim and Kim (2000)이 산정한 자료를 사용하였다.

3. 결 과

3. 1 6월의 고농도 발생 분포

3년 동안 (1998~2000년)의 유효측정치를 사용하여 고농도 오존일 발생분포를 조사한 결과, 연중 고농도 오존 발생일은 164일로 나타났으며, 이중 6월이 46일로서 전체의 28%에 해당되는 높은 빈도 분포를 보였다. 또한 6월 모든 날의 일 최고 1시간평균농도와 8시간 평균 농도치의 구간별 발생 확률분포를 분석한 결과 국지효과가 고농도발생에 크게 기여하고 있음을 알 수 있었다. 그림 1은 6월의 일 최고 8시간 평균 오존농도 (27곳 측정소)의 구간별 빈도분포로서 전체의 25%가 기준치인 60 ppb를 초과함을 알 수 있다.

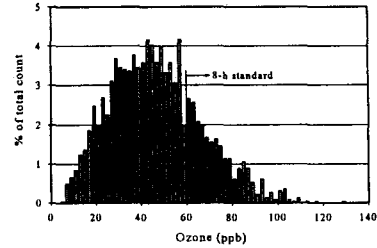


Fig. 1. Frequency distributions of daily maximum 8-h ozone concentrations at intervals of 2 ppb in June, 1998-2000.

3. 2 고농도 오존일의 종관패턴 및 기류분석

6월 발생한 고농도 오존일 (46일)을 대상으로 종관패턴을 파악하고 기류분석을 수행하였다. 그 결과 고농도 발생일 전체가 고기압 시스템 하에서 발생하였으며, 특히 서행하는 고기압의 후면에 위치할 때와 오호츠크 고기압의 영향을 받을 때 높은 발생빈도를 보였다. 아울러 기류분석결과 대부분이 대기정체 조건이 나타나 약한 종관장 하의 국지효과가 6월 고농도 발생에 중요한 역할을 함을 알 수 있었다.

3. 3 사례일의 수치모의

본 연구에서는 서울지역 전 측정소에서 고농도가 나타났으며 최고 168 ppb를 기록한 (그림. 2) 오존오염 사례일인 1999년 6월 5일을 대상으로 오존의 공간적인 분포를 수치모의 하였다. 사례일 서울지역은 고기압의 정체구역에 위치하여 전반적으로 대기정체 현상을 보였으며, 국지적으로 약한 해풍과 도심의 수렴현상이 나타났다. 그림 3은 UAM-V를 이용하여 1500 LST의 오존농도를 수치모의 한 결과로서 도심의 대기정체와 함께 고농도역이 서울 전 지역에 분포함을 알 수 있다.

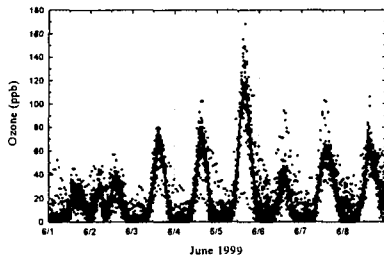


Fig. 2. The hourly time series of ozone concentrations from the monitoring sites in the Seoul (27 sites) from 1 to 8 June in 1999. Shaded circles denotes the measurement at individual sites. Thick line denotes the hourly mean concentrations.

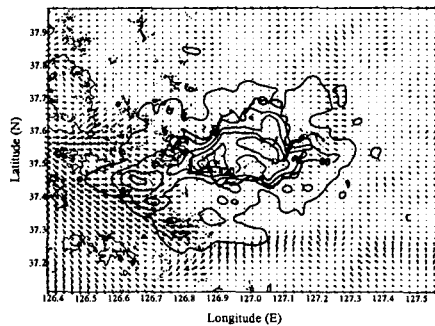


Fig. 3. Horizontal distributions of the simulated winds from MM5 and ozone concentrations from UAM-V at 1500 LST on 5 June 1999.

참 고 문 헌

- Systems Applications International (SAI) (1999) User's guide to the variable-grid urban airshed model(UAM-V). *Systems Applications International Inc.* (SYSAPP-99-95/27r2).
- Kim, D.Y and J.W. Kim (2000) Development of a speciated, hourly, and gridded air pollutants emission modeling system - A case study on the precursors of photochemical smog in the Seoul metropolitan area, Korea, *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 50, 340-347.