

DR18) 상세한 기상관측 자료를 이용한 1997년 서울·수도권 고농도 오존 사례의 모델링

Modeling the 1997 High-Ozone Episode in the Greater Seoul Area with Densely-Populated Meteorological Measurement Data

김진영, 김영성

한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서론

대부분 모델링에서 기상자료는 배출자료와 함께 모델링의 결과를 좌우하는 중요한 두 축이다. 서울, 수도권의 경우 특히 2 m/s 내외의 낮은 풍속 조건에서 오존 농도가 상승함에 따라 국지 변화가 크고 (김영성, 오현선, 1999) 따라서 1 km 내외의 격자 단위 모델링을 지원하기 위한 모델 개발과 이에 상응하는 배출자료, 기상자료가 필요하다. 본 연구에서는 서울을 중심으로 한 60 km x 60 km 영역을 2 km x 2 km 격자로 나누어, 정규 지상관측자료만을 이용하였을 때와 영역 내에만 40개가 존재하는 AWS (Automatic Weather Station) 자료를 함께 이용하였을 때 바람장과 대기질 예측 결과를 비교하였다. 지난 봄의 발표 결과를 토대로 (김진영, 김영성, 1999) 측정치를 내삽하여 경계조건으로 이용하였으며, 측정치와 비교하여 모델의 예측 능력을 평가하고 시간적, 공간적으로 예측치가 측정치와 차이를 보이는 원인을 분석하였다.

2. 모델링 방법

대기질 모델은 3차원 오일러리안 모델인 CIT (California Institute of Technology; McRae et al., 1992) 모델을 이용하였고 바람장 모델은 UAM의 DWM과 기본적으로 동일한 CIT 모델의 진단 모델을 이용하였다. 대상 기간은 1997년 장마가 종료된 후 한반도가 북태평양 고기압권에 들어 오존 농도가 상승한 7월 27일부터 8월 1일까지 6일을 선택하였다. 기간 중 최고 농도는 29일 149 ppb였다.

바람장은 대상영역보다 사방으로 40 km 씩을 넓혀 영역 내 6개의 정규 지상관측소와 78개 AWS 자료를 이용하여 산출하였다. AWS 자료는 사용 전에 유효성을 검증하였는데, 자료 회수율은 87% 수준으로 양호하였다 (김진영 등, 1999). 진단 모델에서 영향 반경은 정규 지상관측 자료만을 이용하였을 때는 (SFC only, 본 논문에서는 SFC-) 90 km, AWS 자료를 함께 이용하였을 때는 (AWS+SFC) 30 km를 이용하였다.

배출량은 1997년 VOC 측정 자료와 EKMA를 이용, 국립환경연구원 (1994)의 격자단위 고정오염원과 이동오염원 자료를 보정하여 사용하였으며 점오염원을 별도로 구분하지 않았다. 배출의 일변화는 오전 7시부터 19시까지 낮 12시간은 일평균 배출량의 1.5배를, 밤에는 0.5배를 가정하였다. VOC의 경계조건은 기상청에서 측정된 자료에 CO 분포를 가정하여 적용하였다. 초기조건으로부터 모델의 적용기간은 2일로 하였다.

3. 결과

1) AWS+SFC의 영역 내 풍속 변화 폭이 SFC-보다 훨씬 넓었고 특히 낮은 풍속 비율이 높았다. AWS+SFC에 비하여 SFC-는 지형에 의한 바람장의 변화가 뚜렷하지 않았는데, 진단 모델에서 지형 효과를 보정하고 있음에도 불구하고 지형 효과가 반영된 측정치를 이용하는 것만큼 효율적이지 않은 것으로 판단되었다.

2) AWS+SFC의 오존농도 예측치의 공간 분포가 측정치에 보다 근접하고, 영역 내 최고치의 변화 폭이 SFC- 보다 넓었으나, 측정치와의 차이는 여전히 컸다. 이에 따라 측정소 위치에서 측정치와 계산치의 상관관계를 조사한 최적합치선의 기울기는 AWS+SFC와 SFC-가 각각 0.23과 0.15로 동일한 변화를 의미하는 1.0과는 차이가 현저하였다 (그림 1).

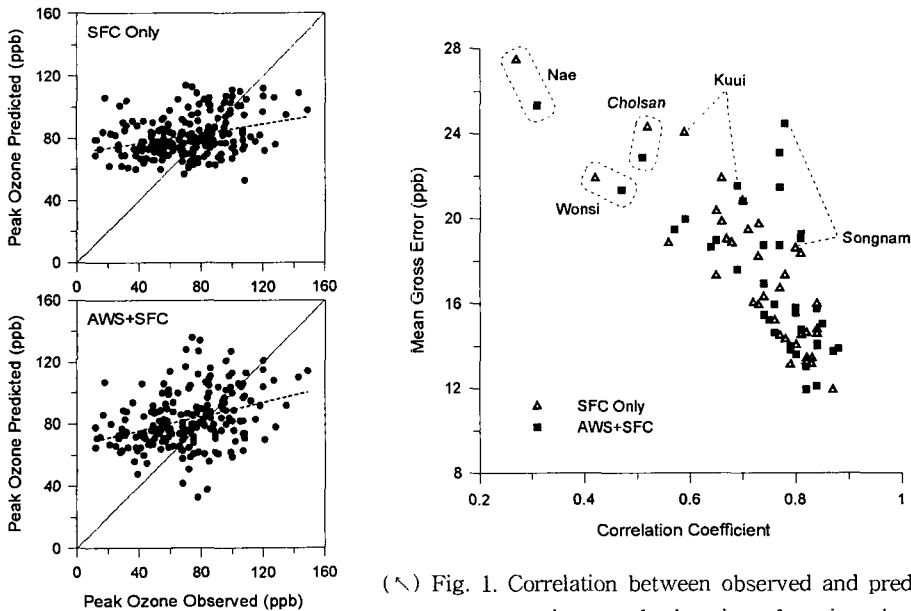
3) 미국 EPA에서 제시한 척도로써 살펴본 본 연구 모델의 오존농도 예측능력은, AWS+SFC의 경우 전 기간을 대상으로 하였을 때 최고치의 정확도와 평균 상대편차가 8.7%와 3.4%로, EPA의 허용기준인 $\pm 15-20\%$, $\pm 5-15\%$ 보다 월등하게 낮았다. 그러나 AWS+SFC에서도 전 기간 평균 최대오차는 25.8%로 EPA의 허용기준인 30-35%보다는 다소 낮았으나 상당한 수준이었고 개별 날짜별로는 세 척도 모두 변화가 심하여 AWS+SFC도 안심하고 사용할 수 있는 수준은 아니었다.

4) 측정소별로는 오존농도 예측치와 측정치의 상관관계가 작을수록 둘 사이의 차이가 컸다 (그림 2). 측정치가 특이하게 낮거나 (부천 내, 광명 철산) 일변화가 작아 (고잔 원시) 계산치와의 차이가 특별히 큰 경우를 제외하면 평균오차는 25 ppb 이하, 상관계수는 0.55 이상이었다. 구의와 성남은 SFC와 AWS+SFC의 차이가 컸는데 시간별 바람장의 차이로 영역 내 오염물질 이동과 정체가 다르기 때문이었다.

5) 오존과 달리 NO_2 와 CO 계산치는 측정치와 평균 100% 가까운 차이를 보였고 특히 정체가 많은 AWS+SFC에서 계산치가 심하게 과다 예측되었다. 일변화 등 배출량 자료가 적절치 않음이 의심되었으나 대안이 마땅치 않아 확인할 수 없었다. 오존농도가 300 ppb를 훨씬 넘어 대상기간에서 제외하였던 7월 25일의 경우도 원인 파악을 위하여 계속 검토가 필요하였다.

참고 문헌

김영성, 오현선 (1999) 1990-1997 기간 중 서울·수도권 지역의 고농도 오존 사례 연구, 한국대기환경학회지, 15, 267-280.
 김진영, 김영성 (1999) 자동기상관측소 (AWS) 바람자료를 이용한 서울, 수도권 지역의 광화학 모델링, 5월 14-15일, 한국외국어대학교, 논문 번호 DR4.
 김진영, 김영성, 정관영 (1999) 서울·인천 지역 자동기상관측 바람 자료의 특성 분석, 한국기상학회지 (수정 중).
 국립환경연구원 (1994) 수도권지역의 시정장애현상 규명을 위한 조사 연구 (I) : 시정감소 원인물질 및 메커니즘 규명.
 McRae, G. J., A. G. Russell and R. A. Harley (1992) *CIT Photochemical Airshed Model*.



(^) Fig. 1. Correlation between observed and predicted peak ozone concentrations at the location of stations in the Greater Seoul Area from July 27 to August 1, 1997. (↑) Fig. 2. Plot of mean gross error of predicted ozone concentrations against observed ones vs. correlation coefficient between the two values, for the stations during the modeling episode.