

## **PB21) 대도시 해안 및 내륙지역에서 광화학 오염물질의 농도 차이에 영향을 주는 기상조건 및 화학기작**

### **Meteorological and Chemical Effects on the Concentration Difference of Critical Air Pollutants between Coastal and Inland Regions**

송상근 · 손장호<sup>1)</sup> · 김유근<sup>2)</sup>

미국 조지아텍 지구대기과학부, <sup>1)</sup>동의대학교 환경공학과,

<sup>2)</sup>부산대학교 지구환경 시스템학부

#### **1. 서 론**

과거 수십 년 동안 도시 광화학 오염물질(오존)에 대한 연구는 광화학적 생성, 수송 및 축적 등에 대해 다양한 관측(수평/연직 관측, 위성관측 등)과 모델링 분석을 통해 이루어져 왔다. 광화학 오염물질의 발생 및 고농도현상의 원인에 대한 연구는 주로 대상지역 고유의 지리·지형적 특징(예, 연안, 분지)과 국지기상조건(예, 약한 풍속, 대기정체, 해륙풍 순환) 및 전구물질의 수송 효과와 관련되어 많이 수행되어 왔다(Ding et al., 2004). 우리나라에서는 대부분 서울을 포함한 수도권 지역과 부산 등의 연안도시를 중심으로 고농도오존 발생의 원인을 기상학적 특성과 연계하여 수행하여 왔다(김유근 등, 2007; Oh, et al., 2006; Kim and Ghim, 2002; 김영성, 2000). 2004년 여름철 서울에 나타난 고농도오존 사례에 대한 광화학적 분석연구도 진행된 바 있으며(손장호, 2006), 역시 수도권지역을 대상으로 오존생성의 기여에 대해 상대증분반응율(Relative Incremental Reactivity, RIR)을 이용하여 산출한 결과, toluene과 xylene이 오존생성에 가장 높은 기여도를 보였다(이종현 등, 2007).

한편, 연안도시인 부산의 봄, 여름 동안 비교적 오염의 영향을 덜 받는 해안에서 내륙보다 오존농도가 자주 높게 나타나고, 농도의 일교차도 다소 크게 나타나는 경향을 보였다. 일부 문헌에서는 해안에 가까운 지형적 특성으로 해양에서의 수증기로부터 산소원자로의 해리작용으로 인하여 해안지역에서의 오존생성에 크게 기여할 수 있다고 한다(Thompson, 1994). 또한 연안도시의 기상조건과 관련하여 해양으로부터 불어오는 해풍의 지연과 대기정체에 의해서 연안역의 오존농도가 상승한다는 연구가 발표되었다(오인보 등, 2004). 하지만 여전히 해안지역에서 오존의 생성 및 소실에 영향을 미치는 주요 기작(예, 기상 및 화학적 영향)에 대한 상세하고 종합적인 연구는 상당히 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 연안도시인 부산지역의 해안 및 내륙지역에서의 광화학 오염물질의 농도 차이에 영향을 주는 원인을 기상학적 및 화학적 특성을 비교하여 살펴보고자 한다.

#### **2. 연구 방법**

본 연구에서는 부산지역 광화학 오염물질과 기상과의 상관성을 알아보기 위해 최근 2년(2005~2006년) 동안 광화학반응이 가장 활발한 봄, 여름철 기간의 대기오염물질(특히 오존) 및 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compound, VOC), 그리고 주요 기상요소(풍향, 풍속, 기온 등) 자료를 이용하여 기상과 오염물질간의 시·공간적 분포 특성을 조사하였다. 대기질 자료는 환경부 산하 18개 측정지점에서의 시간별 기준성 오염물질 자료를 이용하였고, VOC는 5개 지점에서 측정된 56개 화학종의 시간별 자료, 기상요소는 기상청에서 제공하는 7개 관측지점의 시간별 자료를 이용하였다. 각 자료의 측정지점은 대부분 서로 동일한 위치가 아니므로, 본 연구에서 비교된 모든 측정지점의 자료는 서로 가장 가까이 위치한 지점을 이용하였다. 해안 및 내륙지역에서의 오존생성에 영향을 주는 기상조건 및 화학기작의 특성을 비교·분석하기 위해 먼저 오존의 고농도 사례를 선정하였으며, 해안지역인 동삼동과 내륙지역인 광복동 지점을 서로 비교하면서 분석하였다. 기상영향을 살펴보기 위해, 기상관측 자료 및 중규모 기상장 모델(MM5)을 이용하였으며, 화학적 영향을 보기 위해서는 오존생성 기여율을 분석하였다. MM5 모

델링은 사례기간에 대해 3번의 Nesting(수평 격자간격: 9, 3, 1km)을 거쳐 수행되며, 연직으로는 30개의 층을 가진다. 초기 및 경계조건으로는 기상청에서 제공하는 RDAPS(Regional Data Assimilation and Prediction System)를 이용하였다. 모델링의 최소영역은 해안지역의 국지순환계(예, 해륙풍)를 확인할 수 있고, 오염물질의 수송 및 축적을 고려한 영역을 포함한다.

### 3. 결과 및 고찰

해안 및 내륙지역에서의 오존 및 기상요소의 특성과 상관성을 살펴보기 위해 연구기간 동안의 오존농도와 기상요소의 시계열을 분석하였다. 그림 1은 2005년 봄, 여름철의 동삼동과 광복동 지점에서 측정된 오존농도의 시계열 특성을 나타낸다. 봄, 여름 모두 해안지역인 동삼동 지점에서의 평균 오존농도가 광복동 지점의 농도보다 약 1.5배 정도 높게 나타났다. 동삼동 지점은 정오를 기점으로 저녁 9시까지 25~30 ppb 정도의 농도가 지속적으로 나타나는 반면, 광복동 지점은 15~20ppb 농도가 오후 1시부터 약 5~6시간 정도의 지속시간을 보였다. 풍계특성을 살펴보면, 두 계절 모두 동삼동( $3\sim 6\text{m s}^{-1}$ )과 광복동 지점( $2\sim 5\text{m s}^{-1}$ )에서의 풍속 변화는 거의 유사하였으며, 풍향 또한 낮 동안 동풍계열의 해풍이 뚜렷하게 나타났다. 즉, 두 지점 모두 해풍의 유입에 따라 오존농도의 변화를 예상할 수 있으므로, 농도차이에 대한 보다 정확한 원인을 파악하기 위해 다양한 기상조건 및 화학적 영향에 대한 고찰이 요구된다.

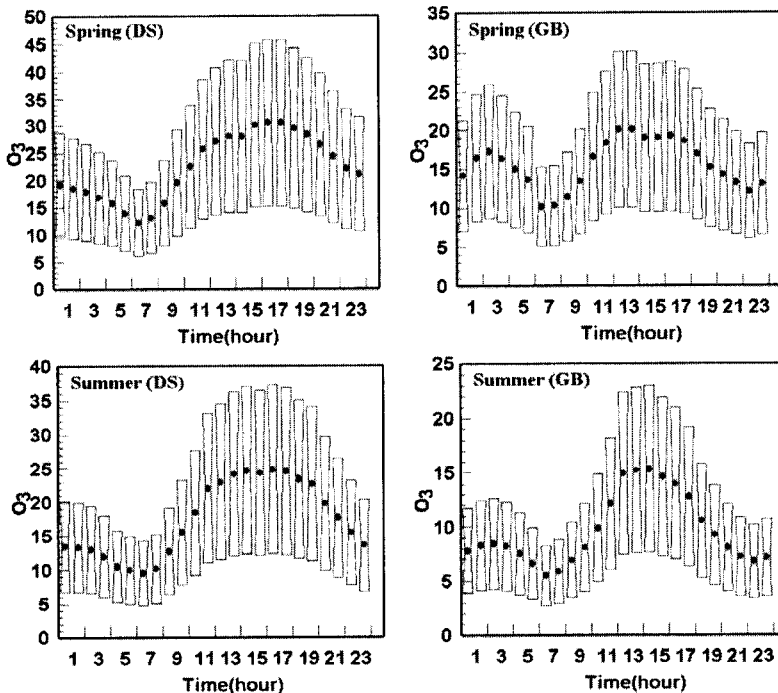


Fig. 1. Diurnal variations of ozone concentrations at Dong Sam(DS) and Gwang Bok(GB) sites, Busan during spring and summer in 2005.

### 참 고 문 헌

- 김영성 (2000) 우리나라 오존농도 변화추이와 주요인자, 한국대기환경학회지, 16(3), 169-179.
- 김유근, 오인보, 강윤희, 황미경 (2007) MM5-CAMx를 이용한 대기오염물질의 재순환현상 모델링: 2004년 6월 수도권 오존오염 사례연구, 한국대기환경학회지, 23(3), 297-310.
- 손장호 (2006) 2004년 여름 서울에서 발생한 고농도 오존 사례의 광화학적 분석, 한국대기환경학회지,

- 22(3), 361-371.
- 오인보, 김유근, 황미경 (2004) 연안도시지역 해풍지연이 오존분포에 미치는 영향, 한국대기환경학회지, 20(3), 345-360.
- 이종현, 한진석, 윤혜경, 조석연 (2007) 수도권에서 오존생성 기여도 산출에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 23(3), 286-296.
- Ding, A., T. Wang, M. Zhao, T. Wang, and Z. Li (2004) Simulation of sea-breezes and a discussion of their implications on the transport of air pollution during a multi-day ozone episode in the Pearl River Delta of China, *Atmos. Environ.*, 38, 6737-6750.
- Kim, J.Y. and Y.S. Ghim (2002) Effects of the density of meteorological observations on the diagnostic wind fields and the performance of photochemical modeling in the greater Seoul area, *Atmos. Environ.*, 36, 201-212.
- Oh, I.-B., Y.-K. Kim, H.W. Lee, and C.-H. Kim (2006) An observational and numerical study of the effects of the late sea breeze on ozone distributions in the Busan metropolitan area, Korea, *Atmos. Environ.*, 40, 1284-1298.
- Thompson, A.M. (1994) Oxidants in the Unpolluted Marine Atmosphere, In *Environmental Oxidants*, Ed. by J.O. Nriagu and M.S. Simmons, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.