

SM10) 부산지역을 대상으로 한 고농도오존 사례의 기상학적 특성

The Meteorological Characteristics for High-Ozone Episodes Experienced in Pusan

김유근, 이화운, 오인보
 부산대학교 대기과학과

1. 서론

급격한 도시화는 도시의 기후변조와 함께 오존오염 문제를 야기 시켰다. 즉 지표오존(ground-level ozone)의 고농도 현상이 도시대기환경의 주된 관심사가 되었고, 이를 해결하기 위해 여러 연구가 국내·외에서 지역특성에 맞게 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 일반적으로 지표오존은 전구물질의 배출량 및 도시의 지형학적 위치와 기상학적 특성에 따라 생성·소멸·이류 메카니즘이 다르게 나타난다. 따라서 이러한 국지적 특성의 고려는 지표오존의 고농도분석에 있어 반드시 수반되어야 하며, 이를 바탕으로 최종적으로 농도예측이 이루어져야 할 것이다. 부산지역의 경우 Table. 1의 연도별 주요도시의 평균오존농도 현황에서 알 수 있듯이 오존오염현상이 전국적으로 가장 심한 도시이다. 이러한 원인은 단순히 오존의 주요전구물질 배출원인 자동차의 증가로서만 설명하기란 불충분하며, 부산지역의 주요 국지적 특성인 해륙풍순환과 산악지형으로 인한 기류변형 및 선박오염 등이 주요인자로서 작용하고 있다고 볼 수 있다. 특히 연안도시에서의 중요한 기상조건인 해륙풍은 기류의 수렴으로 인한 오염물질의 정체와 이동 및 Fumigation현상을 일으켜 지표 고농도현상과 깊은 관련을 가지고 있다(Entwistle *et al*, 1997; Zhang *et al*, 1998). 기존의 연구에서도 이러한 내용이 제시되었는데, 전병일(1997)의 연구에 따르면 부산지역은 해륙풍 발생일에 고농도오존이 발생할 확률이 높은 것으로 조사되어 오존의 고농도와 해륙풍이 관련이 있음을 보였고, Liu(1993)등의 연구에서는 해륙풍이 오전에 오염물질 정체를 일으키고 낮동안 광화학 반응으로 생성된 오존을 내륙으로 이동시켜 지표부근의 오존농도를 급증시킨다는 것을 보여주었다. 해안선과 도심의 산의 형태 역시 지형에 의한 경사류(slope flow)와 해륙풍순환에 영향을 주어 지표오존의 농도를 변화시키는데 Lu와 Turco (1994)의 연구와 Mckendry 등(1997)의 연구에서 확인할 수 있다. 따라서 연안도시이자 도심에 산악이 형성되어 있는 부산지역의 경우 고농도 오존의 발생 메카니즘을 규명하여 지형조건과 관련한 국지적 기상조건의 분석은 중요한 기초연구라고 볼 수 있다.

2. 연구방법

본 연구에서는 부산지역에서 발생한 고농도 오존일의 특성을 분석하기 위해 1998년 부산지역내의 9개 대기질측정망(Fig. 1)에 측정된 오존농도 자료를 사용하였고, 기상자료로는 기상청을 포함한 기상청산하 AWS 및 부산대학교에서 설치한 AWS, 총 16개 고정관측점에서 관측된 지상기상자료를 사용하였다. 아울러 고농도오존 사례일의 종관기상상태를 파악하기 위해 상층기상일기도 자료도 사용하였다. 수행 연구내용으로는 지역별 오존농도의 변동 현황을 분석하고, 이를 바탕으로 고농도 사례일의 설정과 일별, 시간별 기상학적 분석을 수행하였다.

Table. Annual mean ozone concentration in major city (unit: ppb)

	Seoul	Pusan	Taegu	Inchon	Kwangju	Taejon
1991	12	14	10	13	13	9
1992	14	15	13	16	17	10
1993	13	14	13	12	15	11
1994	14	14	15	14	15	14
1995	13	16	17	13	16	15
1996	15	20	15	11	17	17
1997	16	19	15	16	21	18
1998	17	22	17	16	22	18

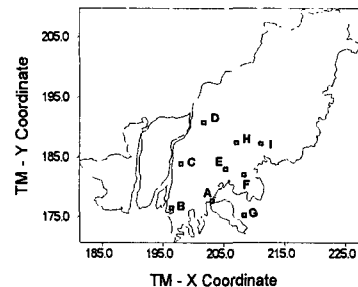


Fig. 1 Air quality monitoring sites operated by the Environmental Protection Administration are marked as A~I (A:Kwangbok, B:Synpyeong, C:Gamjoen, D:Deokchen, E:Beomcheon, F: Daeyeon, G:Dongsam, H:Yeonsan, I:Jaesong) ↑

2. 결 과

9개 대기질측정망에 측정된 오존농도 자료를 이용하여 지역별 오존농도의 변동 현황을 분석한 결과 지역별로 상이한 오존농도 변동경향을 나타내었으며 유의수준(60ppb/hr)과 환경기준(100ppb/hr)을 초과한 고농도 오존발생 빈도 분포 역시 지역별로 큰 차이를 보여 고농도 발생의 국지성이 뚜렷함을 보여주었다. 아울러 기상청 한 지점의 지상기상자료만을 이용하여 구축된 중회귀 모형을 통해 광복동(고농도지점)과 범천동지점(저농도지점)의 일 최고농도를 예측해 본 결과(Fig. 2) 고농도에서의 예측결과가 상당히 낮게 나타났는데 이는 단순히 통계적방법과 지상기상자료만으로는 고농도발생을 정확히 설명할 수 없음을 보여주는 결과이다.

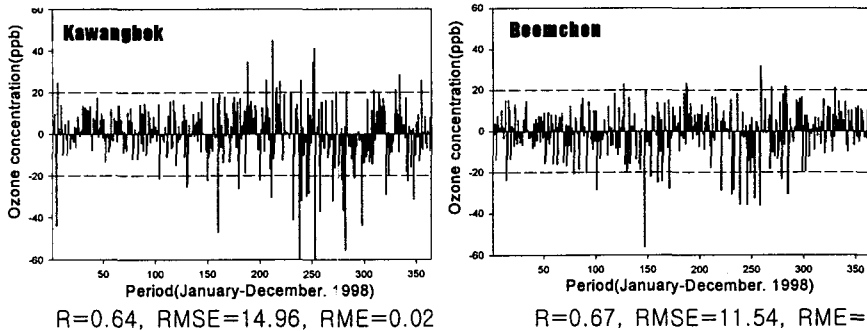


Fig. 2 Plotting of error(difference between predicted ozone concentration using multiple regression model and observed ozone concentration) and model Evaluation

즉, 고농도오존의 생성을 정확히 이해하는데 있어 오존의 광화학메카니즘에 중요한 전구오염물질(NO_x , VOCs)의 수평 및 연직적인 농도분포와 국지기상의 공간적 분석이 필요하다고 볼 수 있다. 하지만 현재 대기질측정망의 부족과 VOCs와 같은 오존연구에 중요한 오염물질 측정의 한계가 있고, 오존의 이동을 규명할 수 있는 오존 및 전구물질의 연직분포조사의 경우 현재 전무한 상태이어서 고농도 오존의 발생 규명에 크게 도움이 되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현실 가능한 접근방법으로서 부산지역의 고농도 오존현상을 규명하기 위해 상·하층의 기상학적 특성 연구를 통해 국지적 고농도현상을 분석하였다. 그 결과 고농도 오존 사례기간동안 상층의 기압배치 변화에 오존농도가 깊은 관련이 있음을 보였고 지상의 기온, 습도, 운량 등과도 상관이 있음을 보였다. 특히, 부산지역은 지형의 영향으로 인한 기류의 수렴이 오존의 국지적 고농도현상과 깊은 관련이 있음을 나타내었다.

참 고 문 헌

- 전병일(1997) 부산 연안역의 고농도 오존일의 예측기법 개발과 오존농도 수치모의, 부산대학교 박사 논문.
- Entwistle J., K. Weston, R. Singles and R. Burgess(1997) The magnitude and extent of elevated ozone concentrations around the coasts of the British isles, *Atmospheric Environment*, 31(13), 1925-1932.
- Liu C.M., C.Y. Huang, S.L.Shieh and C.C. Wu(1994) Important meteorological parameters for ozone episodes experienced in the Taipei basin, *Atmospheric Environment*, 28(1) 159-173.
- Lu R. and R. P. Turco(1994) Air pollutant transport in a coastal environment. Part I: two-dimensional simulations of sea-breeze and mountain effects, *Journal of The Atmospheric Sciences*, 51(15), 2285-2308.
- Mckendry I. G., D. G. Steyn, J. Lundgren, R. M. Hoff, W.Strapp, K. Anlauf, F. Froude, J. B. Martin, R. M. Banta and L. D. Olivier(1997) Elevated ozone layers and vertical down-mixing over the lower Fraser valley, BC, *Atmospheric Environment*, 2135-2146.
- Zhang J., S.T. Rao and S. M. Daggupaty(1998) Meteorological processes and ozone exceedances in the Northeastern United States during the 12-16 July 1995 Episode, *Journal of Applied Meteorology*, 37, 776-789.