

BC2) 연안도시지역 오존의 수평분포와 단거리수송 Spatial distribution and Short-range transport of ozone in coastal urban environment

김유근, 이화운, 오인보
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

도시지역의 오존농도는 배출원 환경 및 지형과 국지 기상조건에 의해 크게 영향을 받게 된다. 일반적으로 도시내 공단과 교통량이 많은 지역에서는 다량의 NO 배출에 의한 오존의 감소가 일어나는 반면 도시플룸의 풍하측의 지역에서는 오존의 축적과 함께 고농도가 발생하게 된다 (Wang et al., 2001; Bower et al., 1994; Mckendry). 특히 연안도시의 경우 여름철 주로 발생하는 국지순환인 해풍에 의한 고농도를 경험하게 되는데, 이는 수면의 낮은 오존침적으로 인해 소멸의 영향이 적고 (Entwistle, 1997), 해풍역전으로 인한 연직혼합의 제한으로 인해 발생한다고 볼 수 있다 (Lu and Turco, 1994). 또한 낮 시간 동안 내륙으로의 해풍전선 이동은 지표부근 오존의 농도증가를 유발하게 되며 (McElroy, 1991; Ueda et al, 1988) 해풍의 내륙침투 시 생기는 Fumigation 효과로 인해 농도가 급증하기도 한다 (Zhang et al, 1998; Entwistle, 1997). 아울러 해륙풍순환으로 생기는 오전의 대기정체현상은 오후의 오존의 광화학 생성과 축적에 기여하게 되며 (Liu et al., 1994), 해풍 발달시 오존 및 전구물질을 내륙으로 수송하여 풍하측 지역에 고농도가 발생하게 된다 (Zhang et al, 1998). 이와 같이 해륙풍순환이 존재하는 연안도시지역의 국지적 환경은 도시내 배출원 분포와 함께 오존의 공간적 변화 및 고농도 발생에 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 국내 최대의 연안도시인 부산지역을 대상으로 연안도시의 지형 및 배출원의 국지환경이 오존의 수평분포에 미치는 영향과 부산지역의 국지풍 특성에 따른 오존의 단거리수송 및 고농도발생을 알아보고자 한다.

3. 연구방법

부산지역은 현재 환경부 산하 9개의 대기오염 측정소가 운영중이다. 1979년 감전 측정소 (GJ)로부터 측정이 시작되었고 이후로 몇몇 측정소의 설치와 이전이 있었다. 93년에 들어와서야 비로소 6개의 측정소에서 본격적인 안정된 자료 (연간 측정율 75% 이상)가 생성되었으며 95년 이후로 3개의 측정소 (동삼 (DS), 재송 (JS), 연산 (YS))가 추가되어 실제로 부산지역의 대기오염농도 측정 역사는 매우 짧다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 우선 7년간 지속적으로 75%이상 측정된 5개 측정소 (범천 (BC), 대연 (DY), GJ, 덕천 (DC), 신평 (SP), 7년간 평균 92%의 측정률)의 자료를 사용하여 각 지점의 평균과 고농도 발생 빈도의 추세를 조사하였으며, 부산지역의 평균 및 고농도 발생 빈도의 수평분포 분석과 해륙풍 국지순환이 도시내에서의 오존수송에 미치는 영향 분석을 위해서 9개 측정소의 자료가 안정적으로 측정된 1997년과 1998년 중 대부분의 고농도가 발생하는 (95% 이상) 오존월 (5월~9월)의 한 시간 평균 O₃와 NO_x (NO and NO₂)자료를 사용하였다 (하루 75%이상 측정된 날의 자료만을 사용). 또한 국지풍 특성 분석을 위한 기상자료는 도심부에 위치한 부산진 관측소 (MSL : 35m)에서 측정된 기온, 풍향, 풍속자료를 사용하였다. 연구 분석에 있어 고농도 발생기준은 현 한국의 환경기준이자 WHO 권고기준인 8시간 평균 60 ppb로 선정하였으며, 수평농도장과 수송에 관한 연구는 오존월과 에피소드일 (8-hr 최고농도가 두 지점이상에서 60 ppb를 초과한 날)로 기간을 나누어 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 추세분석

5개 측정망의 7년동안 (1993-1999)의 평균 및 고농도발생빈도의 추세 통계치를 살펴보면 1시간 평균 농도 보다 8시간 평균 농도의 상승이 전 지점에서 나타났으며, 지역에 따라 차이는 있지만 고농도 발생

빈도의 증가가 평균농도의 증가보다 상대적으로 크게 나타났다. 이러한 결과는 최근의 지속적인 오존농도증가를 뚜렷히 보여 주는 것이다. 지역별로는 해안과 인접한 DY와 SP이 상대적으로 높은 평균농도를 보였으며 공장지역과 도심중심지역인 GJ와 BC의 경우 낮게 나타났다. 이는 해안지역에서의 높은 평균농도와 배출원지역에서의 NO로 인한 오존 감소가 주 원인으로 볼 수 있다.

3.2 수평분포

오존일과 에피소드 동안의 8시간 평균 일최고 농도와 각 기간동안의 바람장미를 분석한 결과 해양의 영향과 배출원의 분포 및 바람의 형태에 따라 수평분포가 다르게 나타남을 알 수 있었다. 오존일 동안에는 도심부의 많은 NO 배출의 영향을 받아 오존의 저농도가 뚜렷히 나타났고 풍하측에 위치하게 되는 내륙지역과 해양에 인접한 지역은 상대적으로 높게 나타났다. 에피소드일(총 28일)의 경우 낮시간 동안 저풍속이 탁월하게 나타났으며 이는 국지적인 오존축적효과를 강화시켜 도심부와 풍하측의 오존증가에 기여하였다고 볼 수 있다.

3.3 국지풍 순환과 단거리 수송

단거리 수송효과를 분석하기 위해 바람의 주된 이동경로에 위치하는 3개 측정망 지점을 선택하였다. 분석결과 오존일과 에피소드일의 결과가 차이를 보이며 국지풍 순환의 강하게 나타나는 에피소드일의 경우 풍하측에 위치한 YS의 농도가 오후부터 BC의 농도보다 높게 나타남을 알 수 있으며, 특히 DS지역 새벽의 농도분포가 오존일의 경우보다 낮게 나타나 야간의 도시배출량의 이동을 알 수 있다.

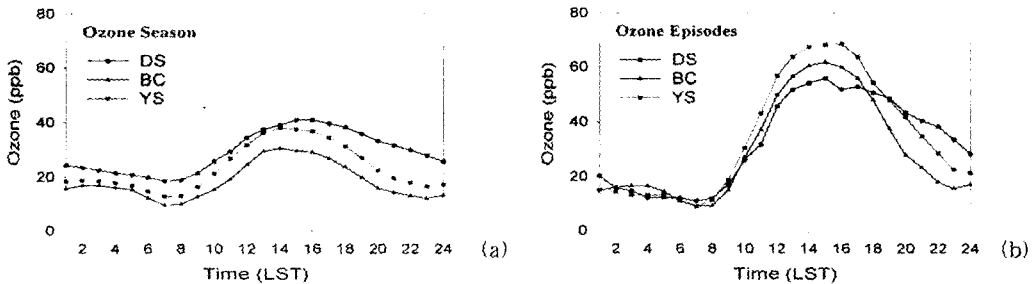


Fig. 2 Diurnal variations of surface O₃ at DS, BC and YS stations in Busan.(hourly means during ozone season(a) and episodes(b))

참 고 문 헌

- Bower, J. S., Stevenson K. J., Broughton G. F. J., Lampert J. E., Sweeney B. P., Wilken J., 1994. Assessing recent surface ozone concentrations in the U. K. *Atmospheric Environment* 28(1), 115-128.
- 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.
- McElroy J. L. and Smith T. B., 1991. Lidar Descriptions of mixing-layer thickness characteristics in a complex terrain/coastal environment. *Journal of Applied Meteorology* 30, 585-597.
- McKendry I.G., 1993. Ground-level ozone in Montreal, Canada. *Atmospheric Environment* 27B(1), 93-103
- Ueda J., Mitsumoto S. and Kurita H., 1988. Flow mechanism for the long-range transport of air pollutants by the sea breeze causing nighttime high oxidants inland. *Journal of Applied Meteorology* 27, 182-187.
- Wang T., Wu Y.Y., Cheung T.F., Lam K.S., 2001. A study of surface ozone and the relation to complex wind flow in Hong Kong. *Atmospheric Environment* 35, 3203-3215
- 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.