

PA5 울산지역 지표 오존농도의 시간적 변화

오인보*, 김유근, 임윤규, 조윤미
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

지표에서 생성된 오존은 대기오염물질로서 대도시 광화학 스모그를 일으키며, 인간과 생태계에 악영향을 준다. 뿐만 아니라 시정과 일사량을 감소시키고 이산화탄소와 같이 대류권에서 강력한 적외선 흡수가스로 작용하여 온실효과에도 기여하게 된다(Lefohn, 1997; Brasseur et al., 1998). 이러한 오존의 고농도 현상, 즉 오존오염에 의한 대기환경 문제는 과거 수십년 동안 전 세계적으로 지속되어 왔으며, 원인규명과 함께 농도제어를 위한 노력들이 이루어졌다. 하지만 계속된 경제성장과 도시화 현상은 오존생성의 국지효과를 증가시켰고 지역규모 이상의 대기오염물질 수송량을 증가시켜 대도시를 중심으로 보다 넓은 지역에서 심각한 오존오염현상을 일으켰다.

우리나라의 경우 1990년대 이후 뚜렷한 경제성장과 도시화로 인해 주요 대도시의 오존농도가 지속적으로 증가하고 있는 추세이며(Jo et al., 2000; 오인보와 김유근, 2002), 최근 1995년부터 2001년까지 연간 주의보(1-h/120ppb 초과) 발생일수가 1, 6, 12, 14, 16, 17, 15일로 점차 증가추세를 나타내어(환경부, 2002a) 오존오염이 심각해지고 있음을 알 수 있다. 따라서 대도시지역을 중심으로 한 고농도발생 메카니즘 규명과 정확한 농도 예측을 위한 일련의 연구는 대기환경개선을 위해 절실하다고 볼 수 있으며, 이를 위해서는 지역의 시·공간적인 오존분포 특성과 다양한 고농도 발생원인을 이해하는 것이 우선되어야 할 것이다. 하지만 서울과 부산을 제외하고는 대부분의 지역에서 이에 관한 연구가 매우 미흡하며 지역특성을 고려한 오염현상의 이해가 절실히 요구되는 실정이다.

본 연구에서는 우리나라 대표적인 공업도시이자 최근 중심도시의 팽창으로 오존오염 현상이 부각되고 있는 울산시를 대상으로 오존농도의 시간적 변화 특성을 상세히 분석하였다. 장기간 운영된 오존측정망을 대상으로 추세분석을 수행하였고, 최근 3년간(2000~2003년)의 측정자료를 바탕으로 계절 및 일변화 특성을 기상학적 관점에서 분석하였다.

2. 대상지역과 오존자료

울산광역시시는 한반도의 동남해안에 위치한 대도시로서 약 백만명의 인구과 1,056km²의 면적을 가지고 있으며, 특징적으로 해안선을 따라 대규모의 공업단지가 조성되어 있다. 지역 내 대기오염물질 배출은 우리나라 주요도시와 비교해 볼 때 전반적으로 높은 수치를 보이며, 오존오염과 직관되어 있는 NO₂ 배출량의 경우, 서울과 부산 다음으로 높은 수치(53,019 ton/year)를 나타내고 있다(환경부, 2002b). 특히 이중 42.6%가 산업

과 발전부분에서 배출되고 있는 것이 주목할 만하다. 기후환경의 경우 연평균 기온은 13.8℃(최저 1.6℃(1월), 최고 25.7℃(8월))이며, 연 평균 강수량은 1276 mm로 약 48%가 여름철 몬순기간(6~8월)에 집중된다(기상청, 2003).

오존농도의 측정자료는 1989년부터 전산화되었고, 2000년부터 다수의(11개 지점) 측정망에서 유효한 자료가 수집되었다. 본 연구에서는 장기추세분석을 위해 최근까지 유효자료 수집이 양호한 4개 지점(성남, 개운, 원산, 상남)에서 9년간(1994~2002년) 오존월(4~9월)에 수집된 일 최고 오존농도의 통계치를 사용하였으며, 계절 및 일변화 분석에서는 2000~2002년간 11개 측정망에서 산출된 1시간 평균 오존농도 자료를 사용하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 장기추세

Fig. 1은 대상기간중 일 최고 오존농도의 평균값과 95 percentile 값을 계산하여 나타낸 것으로, 전반적으로 모든 측정지점의 두 값이 상승하고 있음을 보여준다. 즉 울산지역 오존오염현상이 심화되고 있으며 도시 전역으로 나타남을 확인할 수 있다. 또한 상남 지역에서 가장 높은 평균값 상승률(slope = 3.66 ppb/yr, $p < 0.001$)과 95 percentile 상승률(slope = 6.39 ppb/yr, $p < 0.01$)이 나타나, 이 지역 대기환경의 변화를 뚜렷이 알 수 있다.

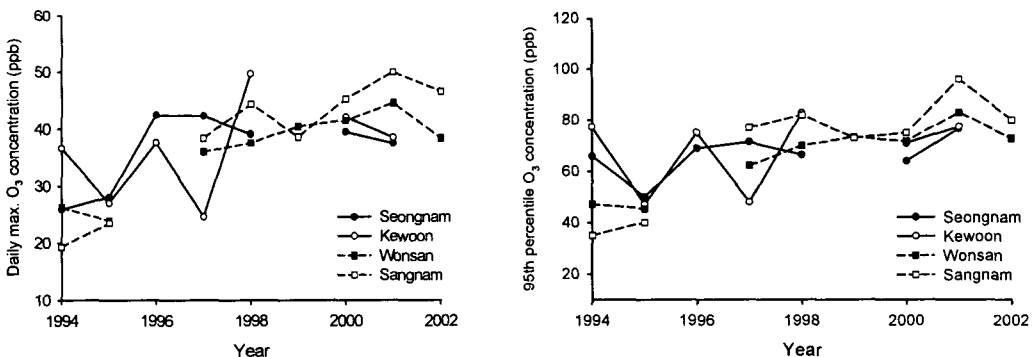


Fig. 1. Trends in average and 95th percentile daily O₃ maxima at 4 monitoring sites in Ulsan during the ozone season(April-September).

참 고 문 헌

- 기상청(2003) 기후통계자료 (<http://www.kma.go.kr/>)
 오인보, 김유근 (2002) 한반도 주요 대도시지역의 지표오존 특성: 추세, 일변화, 월변화, 수평분포, 한국대기환경학회지, 18(4), 53-264.
 환경부(2002a) 대기환경연보 2001, 85pp.
 환경부(2002b) 환경통계연감 2001, 102pp.
 Brasseur, G.P., J.T. Kiehl, J.-F. Muller, T. Schneider, C. Granier, X. Tie, and D.

- Hauglustaine(1998) Past and future changes in global tropospheric ozone: Impact on radiative forcing, *J. Geophys. Res. Lett.*, 25, 3807-3810.
- Jo, W.K., I.H. Yoon, and C.W. Nam(2000) Analysis of air pollution in two major Korea cities: trends, seasonal variations, daily 1-hour maximum versus other hour-based concentrations, and standard exceedances, *Environmental Pollution*, 110, 11-18.
- Lefohn, A.S. (1997) Science, uncertainty, and EPA's new ozone standards, *ES&T*, 3(16), 280-284.