

3B3) 내륙산지지형 내 위치한 양산 도심에서의 고농도 오존 사례시 기상조건 분석

A Weather Conditions on High Ozone Episodes in Yangsan City within an Inland Mountainous Region

강재은 · 김유근 · 송상근
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

도시화 및 산업화의 발달로 인해 나타나는 대기오염현상은 오염원의 배출상태와 기상조건 그리고 인근 지형의 영향에 따라 각기 다른 발생 및 분포 특성을 보이게 된다. 지역 내 오염원의 배출 정도가 큰 변화없이 거의 유사하다고 가정할 시, 중규모 및 국지 순환에 따른 기상 조건과 인근 지형의 영향은 보다 중요하다고 할 수 있다(Anquetin *et al.*, 1999; Wang *et al.*, 2001).

본 연구의 대상지역인 양산시는 경상남도 동남부에 위치하고 있으며 발달된 도시인 부산과 울산에 인접하여 위치하고 있다. 양산 도심은 신도시 조성 지역으로 인구 밀집과 아울러 상업의 활성화가 이루어지고 있으며, 인근에는 공업 및 산업 단지가 산재되어 있어 다양한 오염원의 영향이 예상되는 지역이다. 그러나 양산시는 무엇보다도 지형적 특성이 뚜렷한 지역으로, 도심의 서쪽에는 영축산이, 동쪽에는 천성산이 서로 마주보고 있으며 남북으로는 양산천이 흐르면서 그 연안에 평야를 이루어 도심이 발달되어 있다(그림 1 참고).

복잡지형에서는 중규모 및 국지규모 기류의 변형이 나타나며, 이는 도시 및 인근으로부터의 오염물질 확산 과정에 중요하게 작용하게 된다. 즉, 이 같은 지형에서의 오염물질 수송 및 확산 과정을 이해하는 것은 그 지역 내 대기질 향상에 적극 활용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 내륙산지지형에 위치한 양산도심의 최근 5년간 계절별 대기오염농도 변화를 조사하였으며, 주요 오염물질로 나타난 오존의 고농도 사례시 기상조건을 저농도 사례와 비교하여 살펴보았다.

2. 연구 방법

본 연구를 위한 양산시 내의 대기질 농도 자료는 도심인 북부동 측정장에서 수집된 2000년부터 2004년까지 5년간의 시간별 자료를 이용하였으며, 국지 기상은 인근에 위치한 AWS의 시간별 기온, 풍향, 풍속 그리고 강수량 자료를, 종관 기상은 지상 일기도를 이용하여 분석을 수행하였다. 한편 복잡 지형임을 감안할 때 공간적 기류 분석을 위한 관측자료가 부족하므로 지역 내 국지적인 기류 분석을 위해서는 모델링을 통한 시공간적 분석이 필요하다. 따라서, 특정 고농도 사례일에 대해 상세한 지형 및 지표면 상태가 고려된 MM5 기상장 모델링을 수행하여 양산 도심의 고농도 오존 발생시 수평과 연직의 국지순환 모습을 이해하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

양산 도심의 5년간 시간별 대기질 자료 분석 결과 O₃을 제외한 SO₂, CO, NO, NO₂의 경우 대기환경 기준치를 초과하는 사례가 거의 없었다. 따라서 주 오염물질인 오존의 고농도일 특성을 알아보기 위해 WHO 기준을 적용하여 60 ppb/8h를 초과하는 날을 고농도 오존일로 선정하여 분석을 수행하였다. 고농도 오존일의 총 발생일수는 126일로 연간 평균 약 25일이 발생하는 것으로 나타났으며, 대체로 4~9월에 발생되었다. 따라서 그림 2에서는 고농도가 발생하는 4~9월을 대상으로 고농도일과 비고농도일 그리고 저농도일의 분포를 비교하였다. 그림 2(a)는 고농도 오존일과 비고농도 오존일의 시간별 평균농도 분포를 나타낸 것으로, 고농도 오존일의 경우 야간과 새벽에는 오히려 낮은 농도분포를 보이나 일출 후 농도가 급격히 증가하여 1500 LST에는 80 ppb 이상의 농도를 보였다. 이는 비고농도일 최대 평균값의

약 2배에 해당되는 값이다. 그림 2(b)는 고농도 오존일의 시간별 평균 풍속을 저농도 오존일(비강수일 대상으로 40 ppb/1h 이하인 날)의 분포와 함께 나타낸 것이다. 고농도일의 새벽과 야간에는 저농도일보다 약한 풍속을 보이나 일출 이후 풍속이 증가하여 1400~1800 LST에는 보다 강한 풍속분포를 보였다.

그림 3은 시간별 주풍향 빈도를 나타낸 것으로 고농도일의 경우 39.8%의 무풍상태(calm : $\leq 1 \text{ ms}^{-1}$)와 함께 오후에는 지형 특성에 따른 남서풍 계열의 풍계가 지배적임을 알 수 있다. 반면, 저농도일에는 북동풍 계열이 일 중 지속적으로 높은 빈도를 보이며, 남서풍 빈도도 일부 나타나고 있다. 무풍은 24.8%로 고농도보다 낮은 빈도를 보였다.

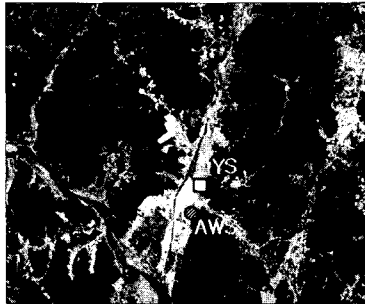


Fig. 1. The location of monitoring site (YS : Yangsan) and Automatic Weather System (AWS) site in Yangsan city.

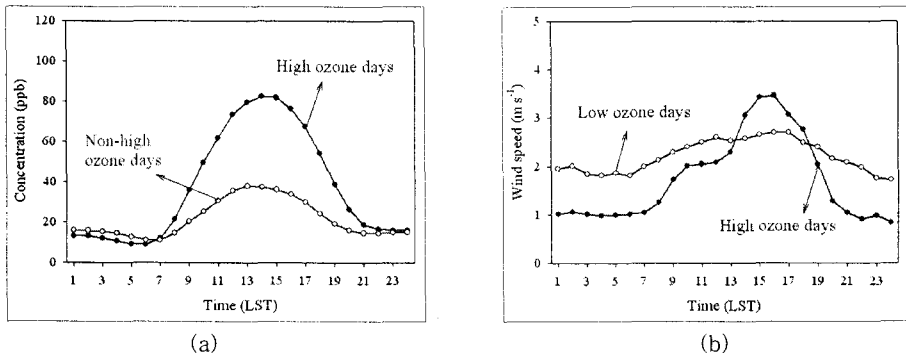


Fig. 2. Temporal variations of hourly averaged ozone concentration on high ozone days(≥ 60 ppb/8h) and Non-high ozone days (a) wind speed on high ozone days and low ozone days(≤ 40 ppb/1h)(b) in Yangsan for 5 years.

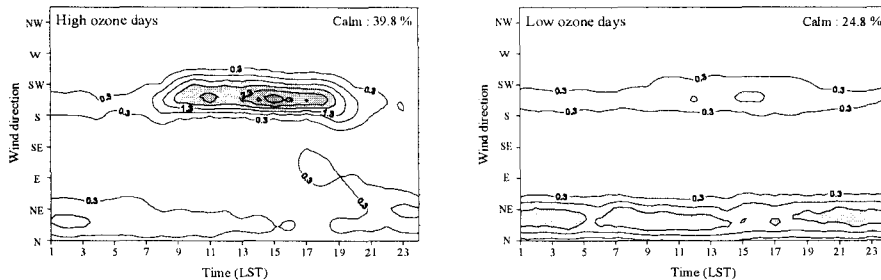


Fig. 3. Frequency distributions (% of total) of hourly major wind direction on high ozone days and low ozone days in Yangsan for 5 years.

이외에 기상장 모델링 결과 등을 통해, 양산시는 지형 영향에 따라 특유의 국지적 기류 분포를 보이며, 이는 양산 도심 및 인근의 오염농도 분포를 결정하는 중요한 요인이 됨을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- Anquetin, S., Guilbaud, C., Chollet, J.P. (1999) Thermal valley inversion impact on the dispersion of a passive pollutant in a complex mountainous area, *Atmospheric Environment*, 33, 3953-3959.
- 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(18), 3203-3215.