

97년 강릉지역의 야간 오존농도 상승에 관한 연구

김재환¹ · 김현숙²

(부산대학교 대기과학과¹ · 이화여자대학교 지구과학교육과²)

일반적으로 지표면의 오존농도는 일사량과 온도가 상승하는 일출 직후부터 증가하여 오후 3시경 최고치를 나타내며 야간에는 광화학 반응에 의한 생성이 없이 지표면 흡착 또는 NO와의 반응에 의한 소멸로 인하여 일출 직전에 최저 농도를 나타낸다. 그러나 강릉에서는 야간에 오존농도의 뚜렷한 상승에 의한 double peak 형태의 일변화가 지속적으로 발생하였고 97년에는 각 월의 평균(고농도-최저농도) 이상의 상승이 있었던 날이 전체 관측일수 336일 중 67%인 220일에 달하였다. 본 연구에서는 강릉에서 발생한 야간 오존농도의 상승 원인을 규명하기 위하여 환경부와 기상청의 지표면 오존 관측자료와 기상 관측자료, 공군 기상대의 오산 상층자료 및 포항의 오존존데(ozone sonde) 관측자료를 분석하였다. 연구 결과 강릉에서의 야간 오존농도 상승은 온도 및 풍속과 높은 상관성을 가지는 것으로 나타났다. 강릉지역에서는 야간에 남서풍을 주로 하는 서풍계열의 바람이 연중 비교적 강하게 불었으며 온도의 일변화도 매우 적어서 일 최고온도가 같은 원주에서보다 최저온도는 연평균 4°C 이상 높게 나타났다. 이와같은 야간의 높은 온도로 강릉에서는 지표면 부근의 기온 역전이 잘 발달하지 않으며 강한 바람은 대기의 혼합을 활발하게 하여 오존농도의 상승을 가능하게 한 것으로 분석된다. 고농도 상승이 많이 발생하였던 4월의 경우 야간의 온도와 오존농도는 상관관계가 나타나지 않았으나 온도 변화에 따른 오존농도의 변화는 $r=0.57$ 로 분명한 상관관계를 보이는 것은 지표의 복사 냉각에 의한 혼합고의 높이가 오존농도의 상승과 관련 있음을 의미한다. 풍속은 1시간 이후 오존농도와의 상관관계가 높게 나타났는데 이것은 바람이 강해진 이후 대기의 혼합으로 인하여 오존량이 증가하기 때문으로 설명할 수 있으며 2시간 혹은 그 이상의 시차가 발생하는 경우도 있으나 전체적으로는 1시간 이후의 오존농도가 가장 높은 상관성을 보였다($r=0.52$).

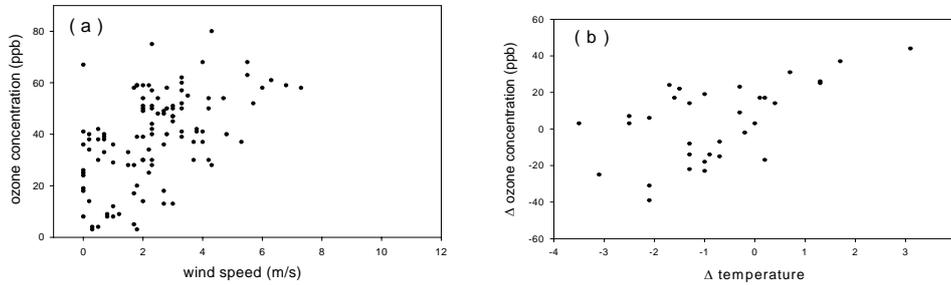


Fig. 1. Relation of nocturnal wind speed and ozone concentration one hour after observing the wind(a) and variations of ozone concentration along the variations of temperature at night.(nocturnal high ozone concentration increase days in April, 1997)

야간의 오존농도 상승이 고농도로 발생하는 것이 대류권 상층부의 바람과 관련이 있는지를 알아보기 위하여 오산 공군기지에서 관측한 상층 기상자료를 분석하였다. 상층 풍속의 일변화 패턴은 오후 3시에 최대풍속을 나타낸 이후 야간에는 바람이 약해지는 날과 밤 9시나 새벽 3시에 최대풍속이 나타나는 두 가지의 형태로 구분되는데 강릉에서의 야간 오존농도 상승은 850hpa, 700hpa에서 서풍의 풍속이 오후 3시 이후에 증가하여 밤 9시나 새벽 3시에 최대가 되는 날에 많이 발생하였다. 그러므로 강릉에서 발생한 야간 오존농도의 상승은 지표에서부터 상층으로 이어지는 강한 바람에 의한 대기의 연직혼합에 의해 발생한 것으로 생각된다. 또한 사례분석 결과 봄철에 주로 발생한 고농도 상승일에는 대류권계면의 높이가 8000m~9000m 부근까지 크게 낮아졌고 500hpa 상층에 trough가 존재하여 상층대기가 불안정하였다. 봄철에는 성층권에서 대류권으로의 오존유입이 활발한 시기이므로 상층대기에 오존이 풍부하며 이러한 때에 상층의 대기가 불안정하고 바람이 강하게 불면 야간에 지표의 바람이 강한 강릉에서는 오존농도의 상승이 50ppb~70ppb로 높게 발생하였다.