

A-4 잔류층 오존의 하향혼합에 의한 지표오존농도의 상승

전병일
신라대학교 환경학과

1. 서론

최근 대기오염은 이산화황이나 부유분진과 같은 1차 대기오염물질에서 질소산화물과 탄화수소류의 광화학반응에 의해 발생하는 오존과 같은 2차 대기오염물질이 큰 사회적 문제로 부각되고 있다. 대부분의 인구와 산업시설이 연안지역에 밀집하여 대도시를 형성하고, 연안지역은 해륙풍과 산곡풍과 같은 지형적인 영향으로 복잡한 기상현상을 나타내고 있다. 대기오염농도가 배출량, 기상요소, 지형에 의해 결정된다고 한다면 연안도시는 위의 세 요소의 영향을 매우 크게 받고 있다고 할 수 있다. 서울과 부산 같은 대도시에서의 지표오존농도 연구는 주로 시간과 공간에 따른 변화경향이나 기상요소를 이용한 농도 예측 및 수치모델을 이용한 예측기법 개발에 초점을 맞추어 진행되었다. 지표오존농도의 생성과 소멸과 관련해서 광화학반응, 수평이류, 연직혼합, 침적 등의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 일최고 오존농도를 나타내기 전인 일출 후부터 정오경 까지 오존농도 상승은 잔류층에 남아있던 오존이 지표로 하향하여 영향을 미친 것으로 알려지고 있다. 이러한 현상을 체계적으로 규명해 낸다면 일최고 오존농도를 예측하는데 매우 귀중한 자료를 제공할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 대기경계층의 관측자료를 이용하여 잔류층의 존재를 확인하고, 이 잔류층에 있던 고농도 오존의 하향혼합을 혼합비의 변화로서 나타낸다. 그리고 잔류층 공기과의 하향혼합이 지표오존농도의 상승에 기여하는 정도를 밝히고자 한다.

2. 분석 및 방법

대기경계층의 특성을 알기 위해 1996년 4월 26일부터 27일까지 부산시 사하구 감천1동 부산화력발전처에서 관측한 air-sonde자료와 김해공항에서 관측한 pibal자료를 이용하였다. air-sonde로는 기압, 건구온도, 상대습도를 관측하였으며, 이 자료를 이용하여 고도에 따른 혼합비를 산출하였다. pibal로는 상층의 풍향과 풍속을 관측하여 대기경계층의 특성을 고찰하는데 사용하였다. 이 날 대기경계층의 변화에 따른 지표오존농도의 일변화를 알아보기 위해 환경부의 대기오염 자동측정망에서 측정된 부산시 시간별 오존농도자료를 이용하였다.

3. 결과

air-sonde에 의해 구한 고도에 따른 온위와 혼합비를 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 4월 26일 21시부터 27일 09시까지 안정경계층(SBL:stable boundary layer), 잔류

층(RL:residual layer)이 뚜렷하게 나타났다. 그리고 1200LST에는 안정경계층과 잔류층이 사라지고 혼합층만 존재하였다. 또한 12시에는 850m부근에 해풍역전층이 발생한 것을 알 수 있다. 4월 27일 06시, 09시, 12시의 고도에 따른 혼합비 변화를 보면, 06시에 지표부근의 혼합비가 8g/kg정도였으나 09시에는 7.5g/kg, 12시에는 6g/kg를 나타내어, 점차 혼합비가 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 혼합비의 감소는 600m이상의 고도에 있던 낮은 혼합비의 공기가 하향하여 나타낸 결과라고 할 수 있다. 즉 일출 후 혼합층이 성장하면서 잔류층의 공기피가 하층으로 유입된 것이라고 할 수 있다. 4월 27일의 부산지역 대연동, 감전동, 덕천동의 시간별 오존농도를 보면, 오전 8시에 최저농도를 나타내고 11시까지 5ppb/hr 정도의 오존농도 상승률을 나타내었다. 대연동의 경우는 10시부터 11시까지 13ppb가 상승하였다. 광화학반응이 가장 활발한 시간대인 12시에는 3ppb/hr였고 13시 이후에는 약한 상승이거나 오히려 감소하는 경향이 있었다. 이러한 오전시간대의 오존농도의 상승은 전날 지상의 고농도 오존이 대기경계층내에 잔류하다가 익일 오전의 잔류층 공기의 하향혼합에 의한 상승이라고 판단된다.

Table 1. 1996년 4월 26일~27일의 대기경계층의 변화

	Mixed Layer (ML)	Stable Boundary Layer (SBL)	Residual Layer (RL)	Free Atmosphere (FA)
2100LST		0~560m	560m~2020m	2020m~
2400LST		0~510m	510m~1700m	1700m~
0300LST		0~720m	720m~1620m	1620m~
0600LST		0~700m	700m~1800m	1800m~
0900LST	0~460m	460~800m	800m~1670m	1670m~
1200LST	0~1750m			

참고문헌

Mckendry, I. G., Steyn, D. G., Lundgren, J., Hoff, R. M., Strapp, W., Anlauf, K., Froude, F., Martin, J. B., Banta, R. M., and L. D. Olivier, 1997, Elevated ozone layers and vertical down-mixing over the Lower Fraser Valley, BC, Atmos. Environ., 31(14), 2135-2146.

Neu, U., Kunzle, T., and H. Wanner, 1994, On the relation between ozone storage in the residual layer and daily variation in near-surface ozone concentration- a case study, Boundary-Layer Met., 69, 221-247.

Ryan, W. F., Doddridge, B. G., Dickerson, R. R., Morales, R. M., Hallock, K. A., Roberts, P. R., Blumenthal, D. L., Anderson, J. A., and K. L. Civerolo, 1998, Pollutant transport during a regional O₃ episode in the Mid-Atlantic States, J. Air & Waste Manage. Assoc., 48, 786-797.

Zhang, J., Rao, S. T., and S. M. Daggupaty, 1998, Meteorological processes and ozone exceedances in the Northeastern United States during the 12-16 July 1995 episode, J. Appl., Meteor., 37, 776-789.