

대기-6 포항오존존데 자료를 이용한 대류권 오존의 기원

김재환*, 이상희, 김유근
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

대기환경에 대한 오존의 영향이 증대되면서 오존에 대한 관심이 증대되었다. 대류권과 성층권에 존재하는 오존은 서로 상반된 영향력을 미치는 것으로 알려져 있다(Lu et al., 1997). 성층권의 오존은 약 25km 부근 상공에서 최고농도대를 형성하며, 태양으로부터 오는 유해자외선을 차단하는 역할을 한다. 그러나, 대류권에서 오존이 고농도로 존재할 경우는 산화제로서 작용하여 인간, 식물을 비롯한 생태계에 영향을 미친다.

대류권 내의 오존에 관한 연구를 살펴보면 북대서양 지역에서 오존존데 관측을 통한 오존의 연직적인 분포에 대한 연구(Oltmans et al., 1996), 동아시아 하부 대류권에서의 대류권 오존의 증가 경향과 이 지역이 다른 중위도 지역보다 더 큰 오존의 증가폭을 가지는 것에 대한 연구(Logan, 1994; Oltmans et al., 1998; Lee et al., 1998), 대류권계면에서의 folding events를 통한 오존 농도의 변화에 관한 연구(Kunz and Speth, 1997), 동아시아 지역에서의 광화학적 오존 생성 후 수송에 의한 풍하측 지역의 오존 농도 증가에 미치는 영향(Hoell et al., 1996; Jaffe et al., 1999; Jacob et al., 1999; Bernsten et al., 1999), 일본의 지표오존의 계절적인 변화와 수송에 의한 지표오존의 농도 변화에 대한 연구(Kajii et al., 1998; Pakpong et al., 1999), 지상오존 농도의 계절적 변화 특성 또는 종관 바람장에 따른 지상오존분포 논의에 관한 연구(김철희와 박순웅, 1998), 한반도 지표오존 분포에 특성에 대한 연구(김영성과 장영수, 2000), 대류권 오존의 계절적인 특성에 대해 모델링을 통한 연구(Mauzerall et al, 2000), 그리고 기상 조건과 관련된 대류권 오존의 증가에 관한 연구(Browell et al., 1996; Ziemke et al., 1996) 등이 있다.

본 연구에서는 한반도 대류권에서의 오존의 패턴과 고농도오존 발생의 원인으로 지역적인 오염물질의 배출, 중국으로부터의 수송에 의한 영향과 성층권에서의 유입에 의한 영향이 한반도에 미치는 것으로 보고 이에 대한 연구를 수행하였다.

2. 분석 및 결과

본 연구는 포항지역을 중심으로 1995년부터 1999년의 5년간 오존존데로 관측된 오존 자료를 이용하여 한반도 대류권 오존의 특성에 관한 연구를 수행하였다. 시간-고도별 오존의 분포 연구를 통해 계절에 따른 대류권 오존량의 변화가 봄과 가을에 높으며, 여름과 겨울에 전반적으로 낮음을 알 수 있었다. 대류권 및 하부성층권을 살펴본 결과, 봄에 높고 여름에 낮은 전형적인 북반구 대류권 오존의 시간적 변화 경향성을 그대로 나타내었다. 중·상부 대류권에서 나타난 저농도 오존층(<40ppbv)의 경우 높은 상대습도와 관련이 있다. 봄·가을에 고농도 오존층(>100ppbv)이 중·상부 대류권에서 빈번히 나타나

고, 시간-고도별 오존농도와 상대습도를 비교 분석한 결과 이 층에 고농도오존이 나타난 것은 수평적인 수송뿐만 아니라 성층권에서의 수송과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다.

이러한 오존의 수평적 수송을 알아보기 위해 HYSPLIT model을 이용한 isentropic back trajectory 분석을 행하였다. 궤적분석 결과 한반도에 영향을 미치는 오존의 수평적 근원이 대부분 중국에서 옮겨온 것으로 나타났으며, 이곳의 하부대류권에서 배출된 오염원이 한반도 중부대류권의 고농도 오존을 유발했다.

또한 오존의 성층권에서의 유입이 고농도오존의 발생이나 계절적인 오존패턴에 영향을 미치는 것으로 보고 PV(Potential Vorticity) 분석을 병행하였다. 한반도 주변에서의 PV장 분석 결과 성층권의 유입이 활발한 3월에는 한반도보다 낮은 저위도대의 지역에서 이러한 영향이 두드러지며, 한반도에 영향을 미치는 시기는 5-6월에 최대이며, 7-8월에는 남풍의 영향으로 한반도보다 고위도대 지역에 영향을 미치고 가을이 되면 다시 한반도 지역이 그 영향권에 들어갔다. 이러한 영향은 고농도오존이 발생한 날을 선택하여 분석한 사례분석에서도 뚜렷한 성층권의 유입이 나타남을 PV 분석에서 알 수 있었다.

위에서 살펴 보았듯이, 한반도 대류권 오존의 춘고하저(春高夏低) 경향이나 고농도 오존의 발생한 날에 대한 원인이 지역적인 오염물질의 배출과 중국으로부터 수송, 성층권에서의 대류권으로의 유입 모두가 작용하는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 김영성, 1996, 1991-1993년 사이 우리나라의 오존농도 변화, 한국대기보전학회지, 55-66.
- 김지영, 윤용훈, 송기범, 김기현, 2000, 오존의 수직분포 특성에 대한 연구 ; 포항지역을 중심으로, 한국대기환경학회, 377-378.
- Ghim Y.S., 2000, Characteristics of ground-level ozone distribution in Korea for the period of 1990-1995, J. Geophys. Res., vol 105, 9,977-8,890.
- Gregory R. Carmichael, Itsushi Uno, Mahesh J. Phadnis, Yang Zhang, and Young Sunwoo, 1998, Tropospheric ozone production and transport in the springtime in east Asia, J. Geophysical Research, vol 103, 10,649-10671.
- H. B. Singh, W. Viezee, Y. Chen, J. Bradshaw, S. Sandholm, D. Blake, N. Blake, B. Heikes, J. Snow, R. Talbot, E. Browell, G. Gregory, G. Sachse and S. Vay, 2000, Atmospheric Environment, Vol. 34,635-644.
- Pakpong Pochanart, Jun Hirokawa, Yoshizumi Kajii, and Hajime Akimoto, 1999, Influence of regional-scale anthropogenic activity in northeast Asia on seasonal variations of surface ozone and carbon monoxide observed at Oki, Japan, J. Geophysical Research, 104, 3,621-3,631.
- S.J. Oltmans, H. Levy II, J.M. Harris, J.T.Merrill, J.L. Moody, J.A. Lathrop, E. Cuevas, M.Trainer, M.S. O'Neill, J.M. Prospero, H. Vomel, and B.J. Johnson, 1996, Summer and spring ozone profiles over the North Atlantic from ozonesonde measurements, J. Geophysical Research, vol 101, 29,179-29,200.

Yoshizumi Kajii, Kazuaki Someno, Hiroshi Tanimoto, Jun Hirokawa, and Hajime Akimoto, 1998, Evidence for the seasonal variation of photochemical activity of tropospheric ozone: Continuous observation of ozone and CO at Happo, Japan, *Geophysical Research Letters*, vol 25, 3505-3508.