

PS43(GE12) 오존의 수직분포 특성에 대한 연구 : 포항지역을 중심으로 Studies of Vertical Distribution Characteristics of Ozone in Pohang Area

김지열 · 윤용훈¹⁾ · 송기범 · 김기현

세종대학교 지구과학과, ¹⁾기상연구소 해양기상연구소

1. 서론

1957년 국제지구물리관측년 (IGY: International Geophysical Year) 계획 이래 대기중의 오존전량 (total ozone)과 대기중의 수직 층별 오존량의 측정을 위해 본격적으로 전세계적 오존관측망이 운영되기 시작하였다. 이 시점을 기준으로 오존에 관한 연구는 전지구적인 오존전량의 감소경향과 남극상공 성층권에서의 오존량 파괴에 집중되어왔다. 그러나 대기중 오존의 행태를 더 정확하게 이해하고, 각각의 대기권이 서로의 오존량에 미치는 영향을 이해하기 위해서는 대기중 오존의 수직분포에 관한 연구가 대단히 중요하다. 이를 위해 오존존데 (ozonesonde), 라이다 (lidar), Dobson 또는 Brewer 분광광도계 (Umkehr 방법), 인공위성 센서 등을 이용한 여러 종류의 측정방법들이 사용되고 있다. 오존존데를 이용한 관측방법이 가장 많이 수행되었으나 일부 지역에만 편중되어, 동아시아 지역을 중심으로 시행된 연구결과는 상대적으로 빈곤한 형편이다. 본 연구에서는 '95년 1월부터 '97년 12월까지 포항에서 관측한 오존존데 자료를 중심으로 지상과 대류권 및 성층권 각각에서 오존의 분포 특성 및 계절적 변화추이를 동시에 파악하여 서로의 기여도를 규명하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구의 측정소인 포항기상대 (36°02'N, 129°23'E)는 해안가에서 약 200 m 정도 떨어진 곳에 위치하며, 해발고도는 약 6 m 에 달한다. 도심과는 2-3 km 정도 거리에 있고, 남쪽으로 1 km 후방에는 포항제철이 위치해 있다.

본 연구에 사용된 오존의 수직 농도 분포 자료는 ECC 오존존데 (Model 5A, 미국 Science Pump사)를 이용하여, 오존전량 (mean daily total direct ozone) 자료와 Umkehr 관측방법에 의한 층별오존량 자료는 Brewer 분광광도계 (#095, 캐나다 SCI-TEC사)를 이용하여 측정하였다. 유해자외선 (UVB)은 UV-Biometer (Solar Light 사, model 501)로 관측하였다. 이용된 기상자료는 기온, 상대습도, 일사량, 대기압, 강수량, 풍속, 풍향, 운량 등이다.

3. 결과 및 토의

본 연구에서는 고도별 오존의 농도 경향을 살펴보기 위하여, 다음의 4개의 고도를 기준으로 삼았다. [1] 지상권역은 100 m를, [2] 상부 대류권 (upper troposphere)은 10 km를, [3] 하부 성층권 (lower stratosphere)은 20 km를, [4] 중부 성층권 (middle stratosphere)은 30 km를 대표치로 설정하였다.

지상(100m) 오존의 경우 전체적으로 청정지역에 가까운 농도범위에 머물렀으며, 계절적으로는 봄, 여름에 높고 가을, 겨울에 낮은 농도분포를 보였다 (그림 1a). 이는 오염이 적은 전원지역의 경우 겨울동안에 점차적으로 축적된 오존의 영향이 봄철 고농도로 이어진 결과로 볼 수 있다 (Liu *et al.*, 1987). 또한 기상인자와의 상관분석결과, 지상 오존은 기온 및 일사량과 높은 양의 상관성을 보여 이러한 계절주기가 광화학 반응에 의한 결과임을 알 수 있다. 다음으로 관측지점의 지리적인 특성을 고려하여 근접한 포항제철의 영향을 파악하기 위한 한 가지 방편으로 지상 오존과 풍향의 관계를 살펴보았다. 오존 농도가 고농도인 경우(50 ppb 이상)와 저농도인 경우(30 ppb 이하) 공통적으로 남서풍이 주풍향으로 작용하였다. 따라서 특별히 남쪽에 위치한 제철소가 오존의 농도에 큰 영향을 미친다고 할 수 없을 것으로 보이며 관측기간동안 전반적으로 낮은 농도를 보인 것은 해안도시의 특성으로 보여진다.

대류권 (10km) 및 하부 성층권 (20km) 오존량은 봄과 겨울에 높고 여름과 가을에 낮게 나타나서, 지

상오존과는 다른 계절적 특성을 보여주었다 (그림 1b, 1c). 춘고하저(春高夏低)의 계절주기는 북반구 대류권 오존의 전형적인 예 (e. g. Chan *et al.*, 1998)로 이는 크게 두 가지로 설명할 수 있다. 첫째, 봄철 고농도는 하부 성층권의 오존을 포함한 공기가 아래의 대류권으로 이동하기 때문이며 여름철에 이러한 이동은 감소한다. 고도별 오존농도간의 상관분석결과는 이러한 추정이 가능성 있음을 시사한다. 둘째, 지상오존의 경우에서 언급한 광화학 반응과 역전층의 형성으로 인한 영향을 들 수 있다. 매년 여름철인 6, 7, 8월을 제외한 모든 달에 역전층이 발견되었으며 여름과 가을에 비해 역전층이 강하게 발생한 계절인 겨울과 봄에 오존의 농도가 높게 나타났다. 이러한 경향이 관찰된 이전의 연구들의 공통적인 특징은 대부분의 관측지점들이 해안에 위치하고 있다는 것이다. 따라서 지형적인 특성으로 인한 기류 및 해류의 움직임을 포함한 기상조건 등이 지상 오존뿐만 아니라 상층대기권 오존에도 지대한 영향을 미치고 있다는 점을 추정할 수 있다.

중부 성층권 (30km) 오존의 경우 지상권역과 유사하게 봄과 여름에 고농도를 보이고, 가을과 겨울에 저농도를 보인다 (그림 1d). 온도와 같은 요인의 잠재적 역할을 추정해 볼 수 있으나, 그외의 다른 가능성에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

Brewer 분광광도계로 관측한 오존전량은 성층권 오존량 (Umkehr 법)에 의해 크게 좌우되며, 유해자외선 (UV-B)과의 상관성은 불확실하나 운량과는 음의 상관성을 갖는 것으로 나타났다. 이는 이전의 연구결과와는 다소 다른 양상인데, 유해자외선과 운량을 포함한 여러 인자들의 복합적인 영향으로 추정해 볼 수 있다.

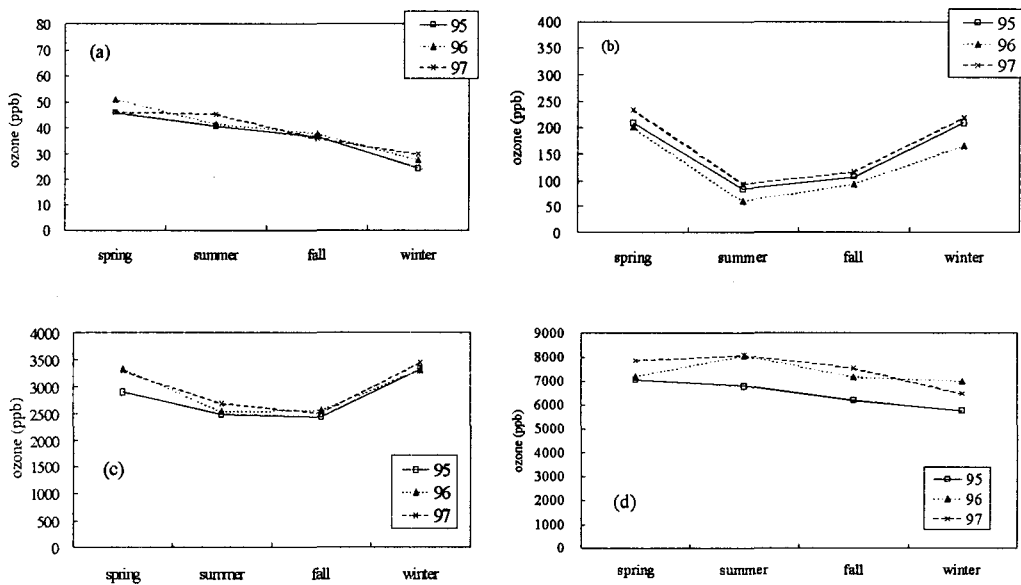


Fig. 1. The seasonal distribution trends of ozone during 1995-1997:

(a) 100m, (b) 10km, (c) 20km, and (d) 30km.

참고문헌

- Chan, L. Y., Liu, H. Y., Lam, K. S., Wang, T., Oltmans, S. J. and Harris, J. M. (1998) Analysis of the seasonal behavior of tropospheric ozone at Hong Kong. *Atmos. Environ.*, 32, 159-168
- Liu, S. C., Trainer, M., Fehsenfeld, F. C., Parrish, D. D., Williams, E. J., Fahey, D. W., Hubler, G., and Murphy, P. C. (1987) Ozone production in the rural troposphere and the implications for regional and global ozone distributions. *J. Geophys. Res.*, 92, 4191-4207