

PF14) 이어도 해양과학기지 오존 농도변화와 공기궤적 분석 Trajectory Cluster Analysis of Surface Ozone Observed at Ieodo Ocean Research Station during 2003 and 2005

신범철 · 이미혜 · 이재학¹⁾ · 심재설¹⁾

고려대학교 지구환경과학과, ¹⁾한국해양연구원 해양기후 · 환경연구본부

1. 서 론

이어도 해양과학기지는 남극과 북극에 이어 한반도 주변에 건설된 우리나라 최초의 해양과학기지로서 아시아 대륙에서 배출되는 대기 오염물질의 영향을 연구하는데 적합한 곳이다. 본 연구는 이어도 해양과학기지(높이 36 m, 북위 32.07°, 동경 125.10°)에서 2003년 6월부터 2005년 5월까지 2년 동안 측정된 오존 및 기상자료를 활용하여 이어도 해양과학기지 오존농도의 계절적 변화 및 일변화, 오존농도와 기상인자들 간의 관계, 그리고 공기이동 패턴과 오존농도간의 관계에 대해서 살펴볼 것이다.

2. 연구 방법

이어도 해양과학기지는 제주도 남쪽의 마라도에서 149km, 일본의 도리시마에서 276km, 중국의 통타오로부터 247km 떨어진 곳에 위치하고 있다. 오존분석기(Model 49C UV Photometric O₃ Analyzer, Thermo. Inc)는 해수면으로부터 29 m 높이에 위치한 dry lab에 설치하여 10분 평균한 자료를 main computer로 전송하도록 하였다. 공기는 main deck 밑바닥에 설치한 inlet으로부터 PFA tubing을 통과하여 오존분석기에 채집되도록 하였다. 오존분석기는 한 달 내지 두 달에 한 번 정도 기지를 방문할 때마다 internal ozonator를 가지고 보정해주었고, 2005년 4월에 primary standard ozone generator (Model 49C PS, Thermo. Inc)를 가지고 보정해준 동일 기종의 기기와 상호 보정해주었다. 기상자료는 같은 기간 동안 한국해양연구원으로부터 얻은 10분 평균한 자료를 활용하였다.

3. 결과 및 고찰

이어도 기지의 오존농도 경향은 매우 다양하게 나타났으며 대기 오염물질의 장거리 이동의 영향을 확연하게 받은 것으로 나타났다. 2년 동안 평균 오존농도는 49.5 ppbv이었으며 중간값은 50.4 ppbv이었다. 1시간 평균한 오존농도 자료를 통한 계절적 변화양상은 여름이 가장 낮고 봄과 가을에 높게 나타났다. 봄철 오존농도의 증가는 수 ppbv 정도 영향을 주는 자유대류권으로부터의 오존 유입뿐만 아니라, 오존의 상대적으로 긴 lifetime에 따른 겨울철 오존의 축적에 의해 나타나거나 (Liu et al., 1987), 겨울철에 PAN이나 탄화수소류와 같은 오존을 생성시키는 전구물질이 축적되고 봄철에 광량 및 이에 따른 온도 증가에 의해 나타나는 것으로 알려져 있다 (Penkett et al., 1993). 오존농도의 평균 일변화의 경우 오존 7~8시에 가장 낮고 오후 3~4시에 가장 높은 농도를 보였지만 그 차이가 4 ppbv 정도로 매우 작았다. 이처럼 적은 일변화에 비해 상대적으로 높은 오존농도를 보이는 것은 이 지역이 지역적인 광화학 작용보다는 대기 오염물질의 장거리 이동에 의해 오존농도가 결정됨을 말해준다. 이어도 기지에서 얻은 기상자료의 분석결과 높은 농도의 오존은 주로 중국의 건조한 북쪽 사막을 지난 공기가 동중국해와 황해를 거쳐 오거나 한반도를 거쳐 도달할 때 나타났으며 낮은 농도의 오존은 대체로 태평양 지역에서 불어올 때 나타남을 알 수 있었다. 오존을 비롯한 오존 전구물질의 장거리 이동 가능성을 좀 더 자세히 살펴보기 위해 전체 측정기간에 대한 역궤적 분석을 수행하였다. 역궤적 분석은 HYSPLIT4 (Draxler and Hess, 1997)를 사용하여 100m 고도에 대해 12시간 간격으로 수행하였다. 그 결과, 전체 측정기간에 대한 역궤적 중 약 50%가 중국과 몽골, 러시아 지역에서 유입된 것으로 나타났다. 이로부터 이 기간 동안에 관찰된 오존의 급격한 농도증가는 이들 오염지역으로부터 오염물질이 유입되어 발생한 것으로 추정된다.

이어도 해양과학기지의 오존 농도변화에 대한 정확한 원인규명을 위해서는 CO, NOx와 같은 오존 전구 물질을 분석하고, 다른 주변지역의 해양경계층에서 측정된 오존농도 자료와 비교할 필요가 있다.

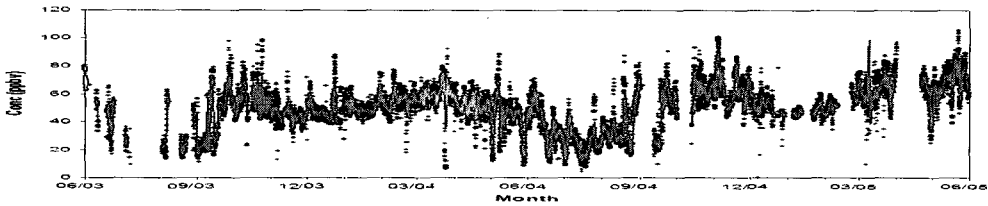


Fig. 1. Time series plots of 1-hour (dark dots) and 1-day (gray lines) averaged ozone concentrations.

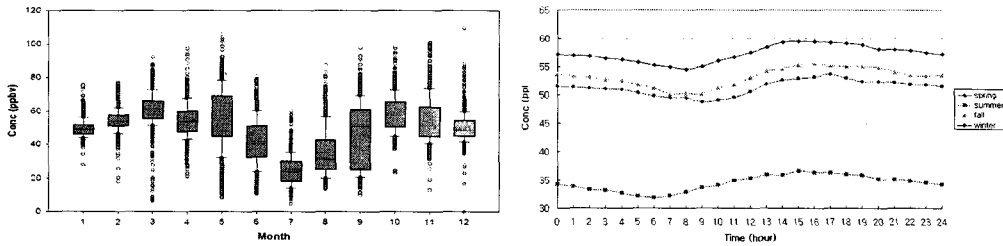


Fig. 2. Monthly and seasonal distributions of ozone concentrations from Jun 2003 to May 2005.

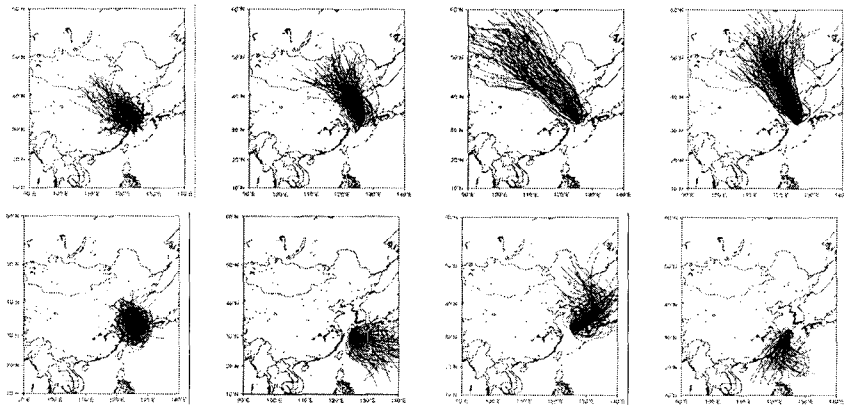


Fig. 3. Maps showing the backward air trajectories from June 2003 to May 2005 within each of the eight main clusters. a) NW1, b) NW2, c) NW3, d) NW4, e) Local, f) SE, g) NE, and h) SW.

참 고 문 헌

- Anfossi, D., S. Sandroni, and S. Viarengo (1991) Tropospheric ozone in the nineteenth century: the Moncalieri series, *J. Geophysical Res.*, 96, 9D, 17349-17352.
- Liu, S.C., M. Trainer, F.C. Fehsenfeld, D.D. Parrish, E.J. Williams, D.W. Fahey, G. Hübler, and P.C. Murphy (1987) Ozone production in the rural troposphere and the implications for regional and global ozone distributions, *J. Geophys. Res.*, 92, 4191 - 4207.
- Penkett, S.A., N.J. Blake, P. Lightman, A.R.W. Marsh, P. Anwyl, and G. Butcher (1993) The seasonal variation of non-methane hydrocarbons in the free troposphere over the North

Atlantic Ocean: possible evidence for extensive reaction of hydrocarbons with the nitrate radical. *J. Geophys. Res.*, 98, 2865-2885.

Draxler, R.R., and Hess, G.D. (1997) Description of the HYSPLIT_4 modelling system. NOAA Technical Memorandum ERL ARL-224, December, 24pp.