

1A6) 2007년 항공관측에 의한 서해상 장거리 대기오염물질의 농도분포

The 2007 Aircraft Measurements for Long-range Transboundary Air Pollutants over the Yellow Sea

송창근 · 최진수 · 장석진 · 이동원 · 이재범 · 김정수
국립환경과학원 지구환경연구소

1. 서 론

동북아시아 지역은 급속한 산업발전과 더불어 인구 증가에 따라 에너지 수요가 증가하며 대기오염물질의 배출량이 증가하고 있다(Ohara et al., 2007). 우리나라는 동북아시아의 배출량의 대부분을 차지하는 중국의 풍하측에 위치하고 있어 편서풍의 영향으로 인해 중국대륙으로부터의 영향이 클 것으로 판단된다. 이로 인하여 한·중·일 3국은 2000년부터 “동북아대기오염 감시체계구축 및 환경협력보전사업”을 공동으로 수행해 오고 있으며 본 사업의 일환으로 매년 집중관측기간 동안 항공기를 이용하여 한반도 주변 해상의 대기오염 물질을 관측하고 있다. 본 연구에서는 2007년의 집중관측기간 동안 서해 상공에서 항공기를 이용하여 SO₂, NO_x, O₃ 등의 오염물질을 측정하고 그 특성을 파악하는데 목적을 두고 있다.

2. 연구 방법

측정에 사용된 항공기는 미국 PIPER사의 쌍발 프로펠러 Chieftain(PA-31-350) 기종이다. 시료의 흡입은 노즐을 항공기 바닥면에 비행방향으로 설치하여 프로펠러와 배기가스의 영향이 없도록 하였고 항공기 내부에는 가스상 측정기(SO₂, NO, NO_x, O₃, 분석용, THERMO사-Trace level)와 자동유량조절시스템(Automatic Mass Flow Control System)을 설치하였다. 또한 관측구간에 따른 실시간 농도자료의 계산을 위하여 가스상 측정기의 농도자료와 GPS(GARMIN, GPS II)로부터 수신되는 위·경도 및 고도자료를 Data logger(DONGAN, Model7000)에 5초 간격으로 저장하였다.

항공측정은 4월 16~26일과 10월 15~25일의 기간 동안 각각 6회씩 실시하였고 주로 서풍계열의 기상에서 실시하였다. 관측경로는 크게 고도별(F1: 300~3000m)과 경도별(F2)로 나누어 실시하였고 자세한 내용은 국립환경과학원(2007)에 설명되었다.

3. 결과 및 고찰

2007년의 항공관측 기간 중 4월 18일의 경우 고농도의 오염물질이 서해상으로 수송되는 사례를 보였다. 대기 경계층이 형성된 1,000m 이하에서 SO₂의 농도는 평균 7.2~14.4ppb의 농도분포를 보였으며 경계층 이상의 고도에서 1.0ppb 이하의 농도분포를 나타내었다. 기류의 이동은 경계층 내에서 중국 산둥반도와 화북지역(II)의 해안을 지나 이동하였으며 경계층 위로 몽골지역(I)으로부터 이동해왔다. 이는 오염도가 높은 지역의 대기오염물질이 낮은 풍속으로 장거리 이동하면서 수직적 확산에 의하여 경계층내의 전 고도에서 높은 농도를 보인 것으로 판단된다. Hatakeyama 등(1995)은 일본 근해에서의 항공관측결과를 통해 고도 3,000m까지 아시아 대륙 기원의 영향을 크게 받고 있는 것으로 보고하였고 본 연구의 관측결과에서도 18일과 같이 중국 대륙의 인위적인 오염원의 영향을 받을 시 혼합층 내로 고농도의 오염물질이 수송되는 결과를 나타내어 서해상의 대기질이 중국대륙의 영향을 강하게 받는 것으로 사료된다. 반면 4월 22일과 23일의 경우 SO₂의 농도는 전 고도에 걸쳐 1ppb 이하의 낮은 농도를 나타내었다. 22일의 경우 대기 경계층 상·하로 몽골지역을 거쳐 기류가 이동하여 왔으며 23일의 경우 경계층 내로 한반도 Local source의 영향과 경계층 위로 만주지역에서 이동하여 온 기류의 영향을 받아 비교적 인위적인 오염원이 적은 지역의 영향을 받았다.

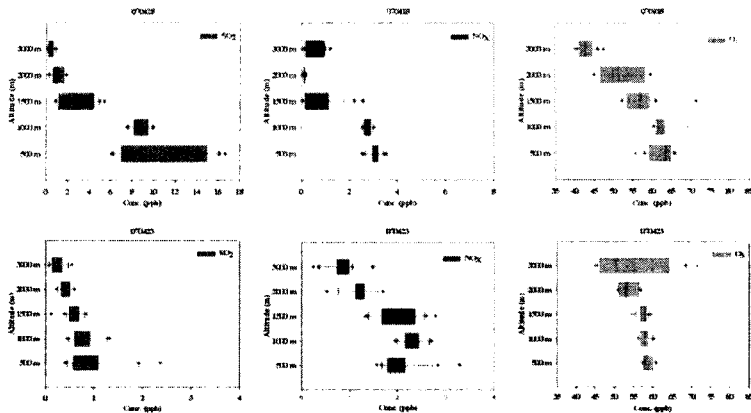


Fig. 1. Altitudinal distributions of SO₂, NO_x, O₃, on 18(above panels) and 23(below panels) April 2007.

발원지 특성에 따라 한반도 주변의 동북아시아 지역을 6개 권역(그림 2)으로 분류하였으며 2007년 항공 관측 기간 동안 기류의 이동경로에 따른 서해상의 오염물질의 농도분포를 표 1에 정리하였다. SO₂의 농도는 권역 II, III에서 각각 평균 2.44, 5.34ppb로 다른 권역에 비하여 높았으며 최대 14.44, 13.17ppb의 고농도 사례를 보였다. 반면에 I, L 권역의 영향을 받은 경우 각각 1.16, 0.81ppb로 낮은 농도를 보였다. NO_x의 경우 역시 III 권역이 평균 3.43ppb로 가장 높았고 L 권역의 경우 평균 2.18ppb로 비교적 높은 농도를 보였으며 이는 SO₂와는 달리 Local Source의 영향이 큰 것으로 판단된다.

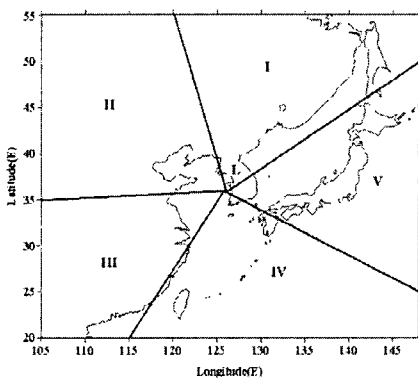


Fig. 2. Divided regions to classify the pathway of airmass.

Table 1. Summary of aircraft measurement for the different type of air pollutants in 2007.

Region	Item	SO ₂ (ppb)	NO _x (ppb)	O ₃ (ppb)
I	Avr.	1.16	1.67	58.44
	Min.	0.20	0.79	46.90
	Max.	3.47	2.71	63.39
II	Avr.	2.44	1.78	51.14
	Min.	0.02	0.12	35.68
	Max.	14.44	5.47	74.97
III	Avr.	5.34	3.43	69.86
	Min.	0.91	2.03	50.63
	Max.	13.17	6.11	103.37
L	Avr.	0.81	2.18	58.39
	Min.	0.62	1.98	57.82
	Max.	1.02	2.30	59.63

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2007) 동북아 대기오염 감시체계 구축 및 환경보전협력사업(VIII).
- Hatakeyama, S., K. Murano, H. Bandow, F. Sakamaki, M. Yamato, S. Tanaka, and H. Akimoto (1995) The 1991 PEACAMPOT aircraft observation of ozone, NO_x and SO₂ over the East Sea, the Yellow Sea and the Sea of Japan, *Journal of Geophysical Research*, 100(12) 143-23, 151.
- Ohara, T., H. Akimoto, J. Kurokawa, N. Horii, K. Yamaji, X. Yan, and T. Hayasaka (2007) An Asian emission inventory of anthropogenic emission source for the period 1980-2020, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 4419-4444.