

PA24) 항공관측을 통한 1997~2007년까지 한반도 서해상의 장거리 이동 대기오염물질의 농도 분포

The Long-term(1997~2007) Aircraft Measurements for Long-range Transboundary Air Pollutants

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

1. 서 론

동북아 지역은 인구증가와 인간의 활동에 의한 에너지 수요 증가로 인해 대기 오염물질의 배출량이 증가하고 있으며 배출된 오염물질은 인근지역뿐만 아니라 태평양까지 이동되는 것으로 보고되고 있다(Hatakeyama et al., 2004). 이러한 장거리이동 현상과 관련하여 한반도 주변 국가인 일본에서도 1990년대 초반부터 서해상 및 동해상을 중심으로 연구를 지속적으로 수행하고 있으며(Hatakeyama et al., 2001, 1997, 1995), NASA Pacific Exploratory Missions West(PEM-WEST phase A, Phase B), ACE-Asia, INDOEX, TRACE-P field measurement program과 같은 연구 사업들이 진행 중이다. 중위도 편서풍대에 위치한 한반도의 경우 지리학상 중국의 풍하측에 위치하여 중국에서 발원한 오염물질의 영향을 크게 받는 지역이다. 본 연구에서는 1997~2007년까지 서해상을 대상으로 수행한 항공관측 결과를 바탕으로 장거리 이동 오염물질의 공간적 분포 및 경향을 파악하는데 목적을 두고 있다.

2. 연구 방법

측정에 사용된 항공기는 미국 Piper사의 chieftain(PA-31-350)기종이며 항공기 내부에 GPS(GARMIN, GPS II)와 가스분석기(THRMO, 43C, 42C, 49C)를 설치하여 위도·경도에 따라 5초마다 data logger(DONGAN, Model7000)를 통하여 SO₂, NO_x, O₃의 자료를 수집하였으며 기기의 교정과 함께 보정하여 1분 평균값으로 계산하였다. 또한 서해상을 대상으로 유입·유출되는 양을 정량적으로 산정하기 위하여 태안 파도리의 해안에서 라디오존데(GRAW, GS-M)를 사용하여 상층기상자료를 측정하였고 이밖에 기기의 원리와 성능, 장착에 관한 자세한 내용은 국립환경과학원(2000~2007)에 설명되었다. 관측경로는 크게 경도별로 고도별로 나누어 수평적 수직적 농도분포를 파악하였으며 그림 1과 표 1에 관측경로 및 관측기간을 나타내었다.

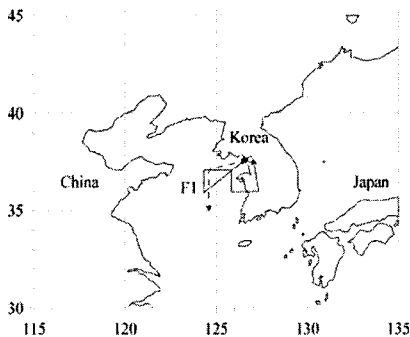


Fig. 1. Aircraft flight paths for the period.

Table 1. Summary of the flight period.

Year	Measurements period	Flight number
1997	10/3~5, 12/17~19	12
1998	4/26~27, 11/7~10	9
1999	4/9~11	4
2000	11/15~19	4
2001	4/13~17, 11/7~10	9
2002	3/7~11, 4/17~21, 12/14~19	11
2003	4/5~7, 5/28~6/4, 11/13~18	11
2004	3/17~19, 6/15~16, 10/13~21	14
2005	4/15~25, 10/15~25	12
2006	4/1~15, 6/6~16, 10/16~26	12
2007	4/16~26, 10, 15~25	12

3. 결과 및 고찰

본 연구기간 중 서해상의 대기는 62%가 산동반도와 발해 연안을 포함한 II권역의 영향을 받은 것으로 나타났으며 이 경우 서해상 SO₂의 평균농도는 2.6ppb로 북태평양 지역과 국내의 local source의 영향을 받은 0.4, 0.8ppb보다 약 3~6배 높은 농도를 보였다. II, III권역의 영향을 받을시 SO₂는 최대 25.0, 14.7ppb의 고농도 episode들이 발생하였고 그 외 권역의 최대농도는 1.1~3.8ppb로 II, III권역과 비교하면 약 7~15%에 불과하여 II, III 권역을 통과하는 기류의 영향을 받는 경우에 고농도가 발생하는 것으로 나타났다.

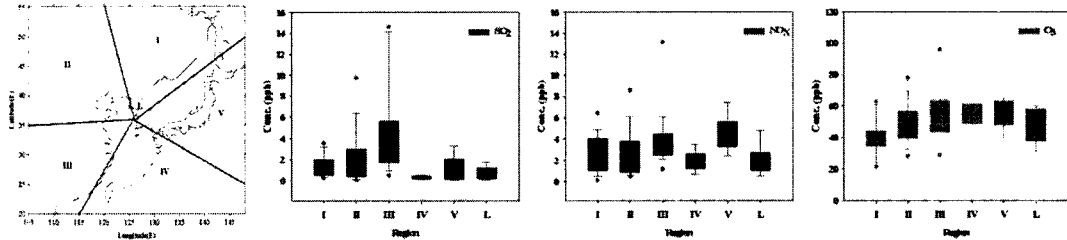


Fig. 2. The box plot of air pollutant concentration in accordance with six air mass flow during 1997~2007.

산동 반도와 발해만 연안을 포함한 지역(II)을 이동한 기류의 영향을 받을시 혼합층 내의 SO₂의 평균농도는 3.3ppb였다. 해양지역의 배경농도는 약 0.1~0.2ppb이며(Thornton et al., 1999), 따라서 II권역의 영향을 받은 경우 서해상의 SO₂ 농도는 태평양 지역에 비해 약 16배가량 높았다. 혼합층 이상에서도 평균 1.2ppb를 나타내어 서해상의 상층대기까지 고루 분포하는 특징을 보였다. 봄, 가을, 겨울의 경우 혼합층 내에서 3.0ppb 이상의 농도 수준을 보였고 여름철은 0.8ppb로 가장 낮은 농도를 나타내었다.

Table 2. Mean Concentration both below and above mixing layer of seasonal air pollutants during 1997~2007.

Season	Item	Below mixing layer			Above mixing layer		
		SO ₂	O ₃	NO _x	SO ₂	O ₃	NO _x
Overall	Mean	3.27	50.0	3.41	1.18	47.5	2.34
	Std.	3.23	14.9	2.98	1.63	14.8	2.28
	Min	0.14	23.6	0.43	0.03	22.5	0.06
	Max	14.44	86.7	16.44	7.50	101	10.39
Winter		3.36	40.2	2.33	1.32	37.5	2.81
Spring	Mean	3.17	55.7	3.29	0.90	54.8	2.23
Summer		0.81	55.8	4.58	0.09	55.8	4.58
Fall		3.71	47.0	3.64	1.63	42.0	1.80

서해상의 SO₂, NO_x, O₃의 총 평균 유입량은 각각 0.162, 0.171, 2.161ton/(hr·km)이었다. 평균 유출량은 0.036, 0.104, 0.979ton/(hr·km)로 SO₂의 경우 유입량은 유출량의 약 5배로 나타났고 이는 서해안이 중국 대륙에서 이동하는 SO₂의 직접적인 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 또한 NO_x와 O₃의 경우 역시 유입량이 약 2배 수준인 것으로 나타났다.

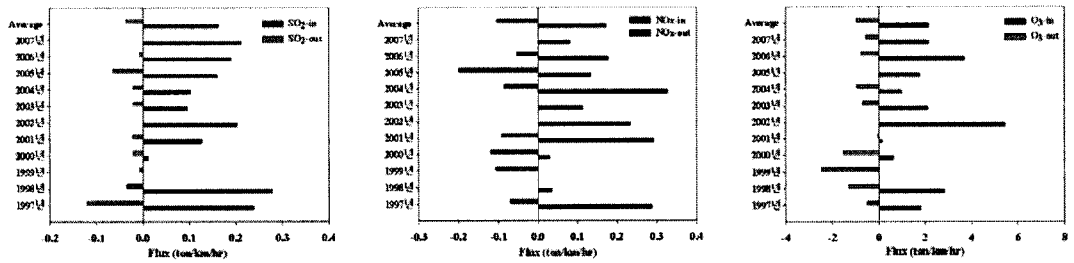


Fig. 3. The bar chart of yearly transboundary flux during 1997~2007.

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2000~2007) 동북아 대기오염 감시체계 구축 및 환경보전협력사업(I~VIII).
- Hatakeyama, S., A. Takami, F. Sakamaki, H. Mukai, N. Sugimoto, and A. Shimisu (2004) Aerial measurement of air pollutants and aerosols during 20-22 March 2001 over the East China Sea, J.G.R, 109, D13304.
- Thornton, D.C., A.R. Bandy, W.B. Blomquist, A.R. Driedger, and T.P. Wade (1999) Sulfur dioxide distribution over the Pacific Ocean 1991-1996, Journal of Geophysical Research, 104, D5, 5, 845-5, 854.