

4A3) 항공관측을 통한 서해상 대기오염물질의 거동 분석

Behavior Analysis of Air Pollutant over the Yellow Sea for Aircraft Measurement

최진수 · 장임석 · 안준영 · 손정석 · 성경희 · 허수진 · 반수진 · 김정수 · 이석조
 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). Liu et al.(2003)은 장거리 이동의 결과로 고농도 CO peak가 서태평양지역에서 관찰된 것으로 보고하였으며 Hatakeyama et al.(2001)은 저기압이 북서태평양에서 일본으로 이동할 오염된 공기가 중국 중부에서 중국 동쪽 바다로 이동한다고 보고하였다. 또한 이와 관련된 국제 연구사업으로 NASA Pacific Exploratory Missions West(PEM-WEST phase A, Phase B), ACE-Asia, INDOEX, TRACE-P field measurement program 등이 수행되었다. 이와 같은 장거리 이동현상과 관련하여 중위도 편서풍대에 위치한 한반도의 경우 지리학적 중국의 풍하측에 위치하여 중국에서 발원한 오염물질의 영향을 크게 받을 수 있는 지역이다. 때문에 본 연구에서는 1997~2009년까지 서해상을 대상으로 수행한 항공관측 결과를 바탕으로 장거리 이동의 영향에 대한 서해상 대기의 공간적 농도 분포 및 거동을 파악하는데 목적을 두었다.

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 서해 연안에서 라디오존데(GRAW, GS-M)를 사용하여 상층기상자료를 측정하였고 이밖에 기기의 원리와 성능, 장차에 관한 자세한 내용은 국립환경과학원(2000~2007)에 설명되었다. 관측경로는 크게 경도별과 고도별로 나누어 수평적 수직적 농도분포를 파악하였으며 그림 1과 표 1에 관측경로 및 관측기간을 나타내었다.

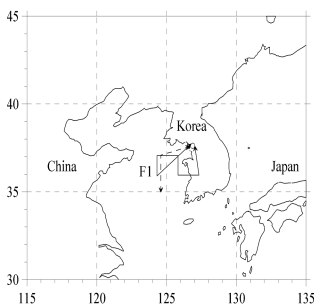


Fig. 1. Aircraft flight paths for the period.

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
2008	5/20~29, 8/18~24, 10/9~18	12
2009	4/13~22, 5/20~30, 10/10~19	11

3. 결 과

97~09년까지 측정기간 중 서해상에 영향을 준 기류의 48%가 II권역의 영향이었고 기류의 이동경로 별로 뚜렷한 농도 차이를 보였다. SO₂의 경우 권역 II, III에서 최대 25.0, 14.7 ppb의 고농도 사례가 발생하였다. 그 외 권역은 1.09~3.78 ppb의 범위를 보였고 II, III권역 사례의 7~25%, 4~15%에 불과하여 권역

II, III을 영향을 SO₂ 고농도 사례의 주요 원인으로 생각할 수 있다.

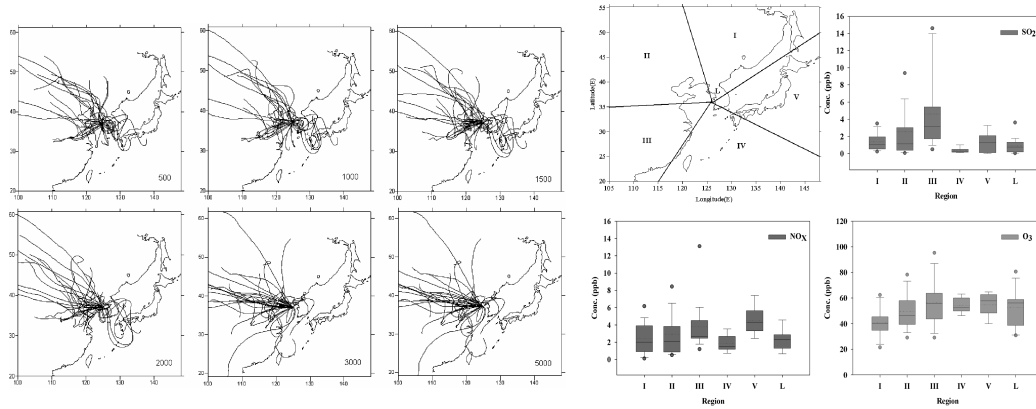


Fig. 2. Air pollutant concentration in accordance with six regions of air mass flow during 1997~2009.

'97~'09년까지 II 권역의 영향을 받은 날을 혼합층 상·하의 농도로 정리한 결과 혼합층 내의 SO₂ 평균 농도는 3.19 ppb였다. 해양지역의 배경농도는 대략 0.10~0.20 ppb를 나타내며, 서해상의 SO₂ 농도는 태평양 지역에 비해 약 16배가량 높았다. 혼합층 이상에서도 평균 1.20 ppb를 나타내어 서해상의 상층대까지 고루 분포하는 특징을 보였다.

Table 1. Average concentration both below and above mixing layer of seasonal air pollutants for Region II during 1997~2009.

Season	Item	Below mixing layer			Above mixing layer		
		SO ₂	O ₃	NO _x	SO ₂	O ₃	NO _x
Overall	Mean	3.19	51.0	3.42	1.19	47.5	2.60
	Std.	3.16	15.1	2.92	1.61	14.8	2.78
	Min	0.14	23.6	0.43	0.03	22.5	0.06
	Max	14.44	86.7	16.44	7.50	101.0	13.38
Winter		3.36	40.1	2.33	1.32	37.5	2.81
Spring		2.94	57.3	3.47	0.95	54.8	2.99
Summer	Mean	0.81	64.5	3.55	0.09	55.8	4.58
Fall		3.58	47.9	3.58	1.63	42.0	1.80

계절별로 SO₂는 혼합층내에서 봄, 가을, 겨울이 평균 3.00 ppb 이상이었고 여름철은 평균 0.81 ppb로 가장 낮았다. 혼합층 이상에서도 봄, 가을, 겨울이 각각 0.95, 1.63, 1.32 ppb로 여름철 혼합층 내의 평균 농도보다 높았다. 혼합층 내의 SO₂의 농도는 가을>겨울>봄 순 이었고 반면 O₃는 봄과 여름이 혼합고 내에서 57.4, 64.5 ppb로 타 계절에 비해 높았으며 여름은 광화학 작용, 봄은 장거리 이동과 연관성이 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

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.