

PA15) 장거리이동 대기오염물질 이동량의 공간적 분포와 변화 추이 (1997-2004년)

Spatial Distribution and Variation of Long-range Transboundary Air Pollutants Flux During 1997-2004

한진석·김영미·안준영¹⁾·최진수²⁾·이상욱·공부주·이석조
 국립환경과학원 환경진단부, ¹⁾원주지방청, ²⁾국립환경과학원 지구환경연구소

1. 서 론

대기층 하부에 존재하는 산성 침적물이나 광화학 산화물 등은 평균체류시간이 1일-1주일로 알려져 있으며 이러한 오염물질들은 보통 수 백-수 천 km 까지 이동하게 되므로 이들 오염물질들의 장거리이동은 국가간의 매우 커다란 관심사이다. 특히 동북아 지역에서의 급속한 산업화는 이 지역의 대기오염을 심화시키고 있을 뿐만 아니라 기류의 이동에 의한 대기오염물질의 장거리이동 현상은 한 국가의 문제에서 인접 국가들 간의 문제로 광역화되고 있다.

항공기에 의한 상공의 대기오염 조사는 지상측정자료로는 추정할수 없는고도별 대기오염 수직분포 파악 및 대기 경계층내에서 장거리 이동되는 대기오염물질의 이동량을 조사하는데 그 목적이 있다.

2. 연구 방법

항공관측자료를 이용하여 대기 경계층 내 이동된 대기오염물질 이동량(F)은 다음과 같은 식에 의해 산정되었다.

$$F \text{ (ton/hr)} = C \cdot H \cdot U \cdot L \cdot \sin Q \quad (1)$$

C= 대기오염물질 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

H= 대기 경계층의 높이 (m)

U= 대기 경계층 내 평균 풍속 (m/s)

L= 비행구간의 수평거리 (km)

Q= 대기 경계층 내 평균 풍향과 비행방향이 이루는 각($^\circ$)

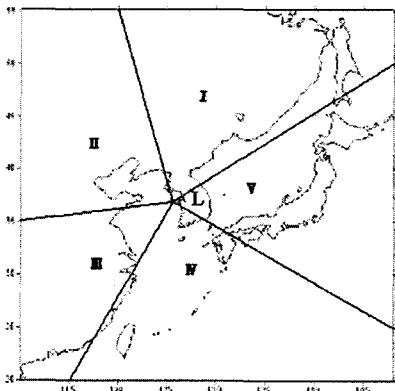


Fig. 1. Divided regions to classify the pathway of air mass

이와같은 변수들은 비행구간별로 측정된 값들을 평균한 것으로 플럭스 계산을 하기위해 오염물질별 농도는 경계층내의 농도 수준을 대표하는 값이고, 풍향, 풍속 역시 경계층 내의 대표 값이라는 가정이 필요하다. 풍향, 풍속 자료는 태안 파도리에서 라디오존데로 측정된 상층기상자료를 사용하였다.

또한 우리나라 중부지방에 유입되는 기류의 발원지를 살펴보기 위해 36°N, 126°E지점을 중심으로 6개권역으로 나누어(그림 1) 역적재 분석을 통해 이동경로를 규명하였다. I 권역은 중국 북동부와 북한을 포함한 지역이고, II 권역은 산둥 반도와 발해만 연안을 협한한 중국 북부지역이며, III 권역은 중국 동지나해를 포함한 중국 중·남부 지역이고, IV 권역은 중국과 일본사이의 제주도를 포함한 남태평양 지역이며 V 권역은 일본을 포함한 북태평양 지역이고 L 권역은 국내로부터 이동한 경우에 해당된다.

3. 결과 및 고찰

서해상에서 유·출입된 이동량을 연도별, 권역별, 계절별로 나누어 살펴보았다. 연도별 이동량을 보면 (그림 2-(1)) SO₂의 이동량은 유출량에 비해 유입량이 약 5배가량 많으며 1998년을 정점으로 유입량이 감소하는 추세이다. NO_x의 유입량은 평균 0.189 톤/km/시간 으로 SO₂의 평균값인 0.151 톤/km/시간 과 비슷한 수준이지만 유출량은 0.095 톤/km/시간 으로 SO₂보다 3배가량 높게 나타났다. 오존의 이동량은 유·출입의 연간분포에 두드러진 특징을 보이지 않았으며, '02년의 유입량이 5.45 톤/km/시간 으로 매우 높게 나타났다.

권역별로는 육지가 없는 IV권역에서 각 물질들의 유·출입량이 다른 권역에 비해 매우 적게 나타났다. II권역에서의 이동은 앞서 말한 바와 같이 다른 권역에 비해 이동사례가 45%로 가장 많은 비율을 차지한다. 2004년 3월 관측 모두가 II권역에서 이동된 것으로 나타났다. 중국 북동부에서 동지나해에 걸쳐있는 권역 I, II, III에서 유입되는 오염물질의 양은 다른 곳에 비해 매우 많다(그림 2-(2)).

계절별 이동량을 살펴보면 봄철과 겨울철에 모든 오염물질의 이동량이 많으며, 여름철 이동량이 가장 적게 나타났는데 이는 태풍이나 강우량이 많은 계절적 영향도 있고, 다른 계절에 비해 여름철에는 서풍보다는 남풍계열의 풍향이 잦은 이유 때문인 것으로 추측된다. 따라서 장거리 이동은 가을부터 서서히 시작되어 겨울, 봄에 가장 많이 이루어진다고 볼 수 있다(그림 2-(3)).

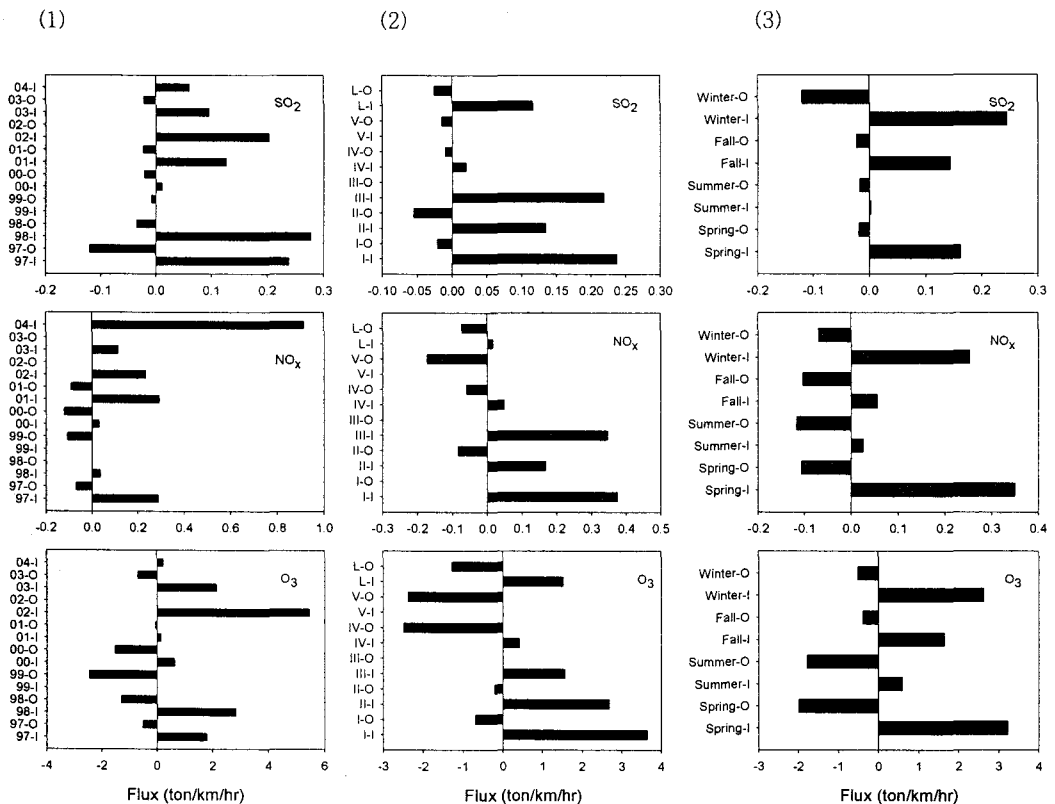


Fig. 2. The bar chart of (1) Yearly, (2) Regional and (3) Seasonal transboundary flux during '97-'04