

## 4B4) 발생원별 강화지역 미세먼지의 특성 Characteristics of Aerosol at Ganghwa Classified by Source Region

김유절 · 이재성 · 정장표<sup>1)</sup> · 한진석<sup>2)</sup> · 김조천 · 선우영  
 건국대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>경성대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>국립환경연구원 대기화학과

### 1. 서론

한국을 비롯한 중국, 일본, 대만 등이 위치해 있는 북동아시아 지역은 최근 들어 급속한 산업화로 인해 대기오염물질의 배출량이 증가하고 있는 실정이다. 이 지역은 주풍향이 서풍이고, 우리나라는 중국에 대해 상대적으로 풍하측에 있기 때문에, 기상조건에 따라 중국으로부터 오염물질이 이동될 것으로 예상된다. 강동근 등(1993)은 서울과 부산에 도달하는 공기의 역궤적선을 구하여 일본, 북태평양 및 아시아 대륙으로부터 이동해 오는 기단이 있음을 밝혔다(이중훈, 1997). 본 연구에서는 강화지역을 중심으로 역궤적선 형태를 분류하고 그 분류별로 PM<sub>2.5</sub> 및 주요 이온성분의 차이를 분석하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구를 위해 강화(강화군 화도면 장화2리)에서 2002년 3월 5일~14일, 4월 16일~30일, 12월 10일~19일, 2003년 4월 1일~15일, 5월 27~6월 5일과 11월 10일~19일 총 70일 측정을 수행하였다. 필터교체는 1일 1회 오전 9시에 하였다. 측정기간 중 사용된 PM<sub>2.5</sub>와 PM<sub>10</sub> 포집장치는 유량이 16.7 lpm 이고 절단입경이 2.5, 10µm인 사이클론(URG, 16.7 lpm)을 필터팩 및 진공펌프(Dayton, Max, 100 lpm)에 연결하여 사용하였다. 이 측정장치는 특별히 스테인레스 강판으로 된 상자안에 장착하여 눈이나, 비, 강풍과 같은 기후변화로부터의 영향을 최소화하도록 하였다. 질량분석 및 이온분석을 위한 입자 채취에는 테플론필터(Zeflur, pore size 2.0µm, 47mmø, Gelman社)를 사용하였다. 질량분석용 필터는 시료채취 전후에 24시간 항량시켜 무게를 측정하였다. 이온분석은 Ion Chromatography(Metrohm, Modula IC)법을 이용하여 분석하였다. 공기의 궤적을 추적하기 위한 역궤적(back trajectory) 모델은 NOAA의 HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) 모형(ver. 4.7)을 사용하였다. 역궤적 분석 또한 총 70일을 수행하였으며 그리니치시간(GMT)으로 각 일의 0시부터 23시까지를 하루로 하여 매 시간마다 3일 동안의 역궤적을 분석하였다. 한국 시간으로는 오전 9시부터 익일 오전 8시까지이다.

측정기간 중 역궤적 분석을 기초로 하여 발생원별 측정지점에서의 경로를 구분하였다. 발생원의 경로를 구분할 때의 기준은 다음과 같다. 첫째 측정지점(강화)을 기준으로 중국대륙으로부터 해안을 통과하지 않고 측정지점에 공기피가 도착한 경우(Sector I), 둘째 중국대륙으로부터 서해안을 통과하고 측정지점에 공기피가 도착한 경우(Sector II, Fig. 1), 셋째 중국대륙을 거치지 않고 남해안 또는 동해안을 통과하여 측정지점에 공기피가 도착한 경우와 (Sector III), 넷째 중국대륙을 거치고 동해안 또는 남해안을 통과하여 측정지점에 공기피가 도착한 경우(Sector IV)로 나누어서 분석을 하였다

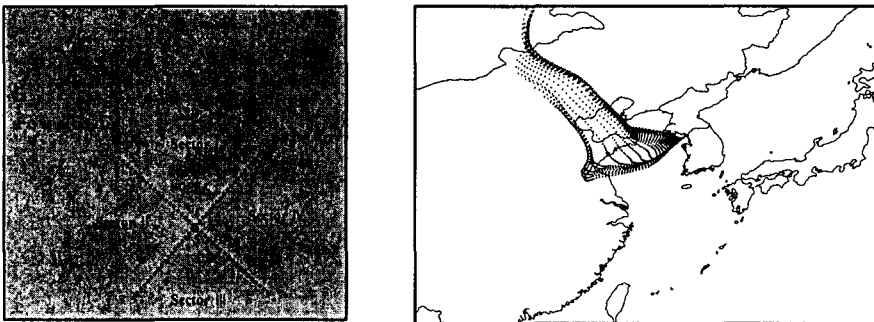


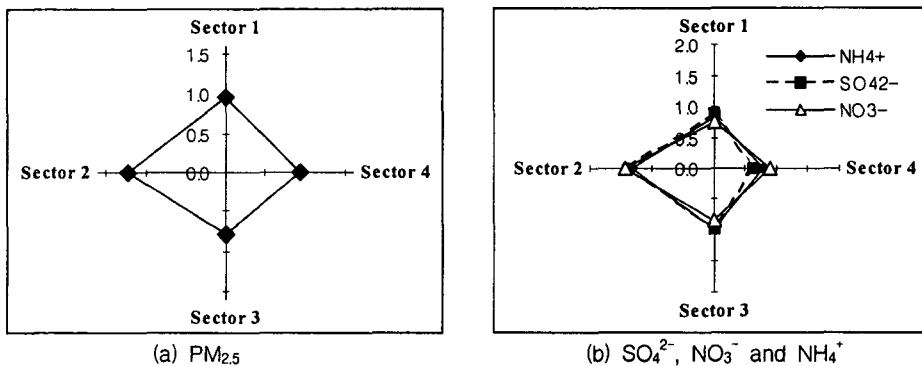
Fig. 1. Geographical sectors for back trajectory analysis and examples of sector II

### 3. 결과 및 고찰

PM<sub>2.5</sub>의 sector I, II, III 및 IV에서 평균질량농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )는 각각  $27.65 \pm 11.87$ ,  $35.40 \pm 12.68$ ,  $22.61 \pm 12.42$  및  $26.81 \pm 12.32$ 로 나타나 sector I이 가장 높은 농도를 보이며 sector III가 가장 낮은 농도를 보였다.

또한 인위적 오염원으로 알려진  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  및  $\text{NH}_4^+$ 의 sector I, II, III 및 IV에서의 평균농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )는 각각 3.15, 4.82, 3.38 및 2.18 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), 2.67, 5.13, 2.96 및 3.21 ( $\text{NO}_3^-$ ), 1.99, 3.15, 2.27 및 1.84 ( $\text{NH}_4^+$ )로  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  모두 sector II에서 최대농도를 보였다. 해양기원 오염원으로 알려진  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ 의 sector I, II, III 및 IV에서 평균농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )는 0.28, 0.51, 0.20, 0.18 ( $\text{Cl}^-$ ) 및 0.18, 0.34, 0.23, 0.23 ( $\text{Na}^+$ )로 sector II에서 두 성분 모두 최대농도를 나타내었다. 토양기원 오염원으로 알려진  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  및  $\text{Ca}^{2+}$ 의 sector I, II, III 및 IV에서 평균농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )는 각각 0.21, 0.26, 0.12, 0.14 ( $\text{K}^+$ ), 0.06, 0.08, 0.06, 0.03 ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 및 0.13, 0.31, 0.16, 0.11 ( $\text{Ca}^{2+}$ )로  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 와  $\text{Ca}^{2+}$  모두 sector II에서 최대농도를 나타내었다.

Sector III과 sector IV에서 공기피가 유입되는 경우에는 대부분의 토양기원 성분의 농도가 낮게 검출되었다. 즉 남해안에서 공기가 유입될 때는 서해안에서 공기가 유입될 때에 비해 비토양기원 성질의 공기가 유입되는 것으로 판단된다. Fig. 2는 측정기간 중 PM<sub>2.5</sub>의 각 성분의 전체 평균농도에 대한 권역별 평균농도 비를 나타낸 것이다. Sector II에서 PM<sub>2.5</sub> 주요성분의 권역별 평균농도 비는 가스상 성분을 제외한 모든 항목이 1 이상을 나타내어 중국에서 발생한 공기피가 서해안을 통과하여 측정지점에 유입될 때 높은 비를 나타내었다. 그러나 Sector III에서 PM<sub>2.5</sub> 주요성분의 권역별 평균농도 비는 가스상 성분을 제외하면 대부분 1이하를 나타내어 해양에서 발생한 공기피가 남해안을 통과하여 측정지점에 유입될 때는 낮은 비를 보였다. 즉, 측정기간 중 중국 대륙을 통과한 공기가 서해안을 거치고 본 측정지점에 유입될 때는 오염된 공기의 영향으로 인해 PM<sub>2.5</sub> 농도는 전체 평균대비 23% 증가하는 반면 중국 대륙을 거치지 않고 공기가 유입될 때는 농도가 22% 감소하는 경향을 보였다.



(a) PM<sub>2.5</sub> (b)  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$   
Fig. 2. Ratio of sectors average vs. total average

### 사 사

본 연구는 국립환경연구원의 “배경농도지역 장거리이동오염물질 집중 조사”의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

Jong Hoon Lee, Yong Pyo Kim, Kil-Choo Moon, Hui-Kang Kim, Chong Bum Lee(2001) Fine particle measurements at two background sites in Korea between 1996 and 1997, Atmospheric Environment, vol.35, 635~643  
최민규, 여현구, 임종역, 조기철, 김희강 (2000), 강화에서의 PM<sub>2.5</sub> 특성, 한국대기환경학회지, 제 16권 제6호, pp. 573~583  
여현구, 조기철, 최민규, 김희강 (2000), 강화도 지역에서 겨울철 PM<sub>2.5</sub>의 화학적 성분특성, 한국대기환경학회지, 제 16권 제4호, pp. 309~316