

## 1C2) 울산지역에서의 PM-2.5 및 산성오염 물질의 계절별 농도 특성 분석 및 이동경로 추적

### Comparative Analysis on Seasonal Characteristics of Concentrations and Transport Paths of PM-2.5 and Acidic Air Pollutants in Ulsan

이 병 규 · 전 나 영

울산대학교 건설환경공학부

#### 1. 서 론

산업체, 각종 수송시설, 그리고 각종 인간의 활동 및 삶의 과정에서 배출된 대기 오염물질은 배출원 근처의 대기질에 큰 영향을 미친다. 그래서 대기질의 개선에 많은 노력을 기울임에도 불구하고 국내 산업체에서 배출되는 오염물질의 양은 여전히 선진국에 비해 높은 편이어서 대기환경 기준치를 초과하는 경우가 자주 발생되고 있다. 또 광역의 범위에서 발생된 대기오염물질의 영향에 민감한 산성오염물질은 대기오염물질의 배출원 근처의 영향뿐만 아니라 장거리 이동에 의한 영향도 매우 큰 것으로 알려져 있다(강동근, 1993). 질산염이나 황산염 등으로 대표되는 산성오염물질은 대기중에 에어로졸과 산성가스 형태로 존재하고 있는 것으로 알려져 있다(강충민, 1999). 이러한 산성오염물질들은 건강강하라는 형태로 지표면에 자연 침강되거나, 눈이나 비 또는 안개와 같은 습성강하 형태로 지표면으로 침적되어 대기 중에서 제거되기도 한다(이병규, 1998). 입자상 또는 가스상 형태로 강하하는 산성오염물질은 인간이나 동물의 호흡기나 피부 질환을 유발하기도 하며, 산성눈이나 산성비 등을 유발시켜 자연이나 토양을 산성화시켜 증축속 등과 같은 유해물질의 이동이나 영양분의 불균형을 초래한다. 특히, 호흡기 계통의 질병을 유발하는 물질은 대기 중에 존재하는 에어로졸 상태의 산성오염물질과 관련이 있다고 보고된 바가 있고(Spengler et al., 1990), 대도시 지역의 시정 장애나 실내 대기질의 악화는 입자의 크기가 2.5  $\mu\text{m}$  이하의 미세먼지 형태의 산성오염물질과 연관성이 있다는 보고도 있다(Lee et al., 1997).

울산은 세계적 규모의 비철금속 공단, 화학 및 석유화학공단, 그리고 기계 및 조선 산업단지를 가지고 있으며, 2002년 현재 인구도 110만 가까이 되는 대한민국 최대의 산업도시이자 광역도시이다. 환경부에서 발표한 자료에 따르면 울산의 대기중 아황산 가스의 농도는 2001년에 이어 2002년에도 전국 대도시 중에서 최고 농도를 나타내고 있고 그 외의 항목에서도 양호하지 않은 수준을 나타내고 있는 것으로 발표되었다(환경부, 2002). 여름철을 제외하면 울산지역의 주풍이 북풍내지는 북서풍으로 대부분의 공단들이 동해에 인접해 있다는 사실을 감안하면 울산시내로의 대기오염물질 유입은 오염물질의 배출량에 비하여 상대적으로 적을 것으로 추정된다. 그러나 여름철의 주풍향은 동풍내지는 동남풍이어서 각종 산업단지나 산업활동에서 배출된 대기오염물질의 시내로의 유입이 클 것으로 예상된다. 그리고 여름철이 아니더라도 바람의 방향에 따라 대기오염물질의 시내지역이나 주거지역으로의 유입 가능성도 다른 도시에 비하여 매우 클 것으로 판단된다. 그 결과 시민들은 대기오염과 관련된 민원을 계속적으로 제기하고 있는 실정이며, 환경에 대한 시민만족도를 조사한 결과 시민의 61.1%가 여전히 불만족을 나타내고 있는 것으로 발표되었다(시정백서, 2003). 이러한 관점에서 본 연구에서는 울산의 특성별로 구분된 여러 지역에서 2003년 겨울과 여름기간 중에 Annular Denuder System을 이용하여 미세먼지 (PM-2.5)와 산성오염물질을 포집·분석하였다. 그리고 이들에 포함된 가스상 및 수용성 이온성분을 계절별로 비교·분석하였고, Backtrajectory 분석에 의한 이들 오염물질의 배출원 또는 이동경로를 분석하여 보았다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 2003년 1월부터 2월까지의 기간을 겨울기간으로, 2003년 8월부터 9월초까지는 여름을 대표하는 기간으로 설정하였다. 울산의 여러 공단지역 (비철금속 공단, 화학 및 석유화학공단, 그리고 기계 및 조선 산업단지)의 건물옥상(15-20m 높이)에서 PM-2.5와 산성오염물질을 포집하였다. 또한, 공단으로부터 산성오염물의 이동현상을 규명하기 위하여 울산의 배경농도지역으로 간주되는 두동과 울산의 상업

및 행정의 중심지인 시청인근 옥상에서 산성오염물질을 포집·분석하였다. 1회 시료 포집에서 16.7ℓ/min의 유량으로 24시간동안 Annular Denuder System을 운전하면서, 구분된 각 지역에서 각 계절별로 3-5일간(3회)의 산성오염물질과 PM-2.5 대표시료를 포집하였다. 산성오염물질을 포집한 후 디누더 장치로부터 증류수를 사용하여 산성물질을 추출하였다. Gravimetric 방법(시료 포집전후의 필터의 무게차)으로 PM-2.5 농도를 분석하였고, 무게 측정을 마친 테프론 필터와 나일론 필터도 10ml의 증류수를 사용하여 초음파 추출기로 산성물질을 30분간 추출하였다. 4℃에서 냉장 보관된 시료는 이온 크로마토그래피로 분석하였으며, 미세입자 중의 수용성 이온성분으로는  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ 를 분석하였고, 가스상 오염물질로  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ 의 농도를 분석하였다. 그리고 시료포집장소에서 48시간 Back Trajectory 모델링을 수행하여 산성오염물질의 예상 이동경로와 발생원을 추적 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 겨울철의 석유화학공단과 비철금속 공단에서 강우가 있었던 시점에서 24시간이 지난 후 포집된 산성오염물질과 PM-2.5 농도간의 자료를 지속적으로 맑았던 날의 자료와 비교하여 그 농도비를 나타낸 것이다. 대체로 비가 온 뒤의 산성오염물질의 농도는 맑은 날에 비하여 훨씬 감소하는 것으로 나타났다.

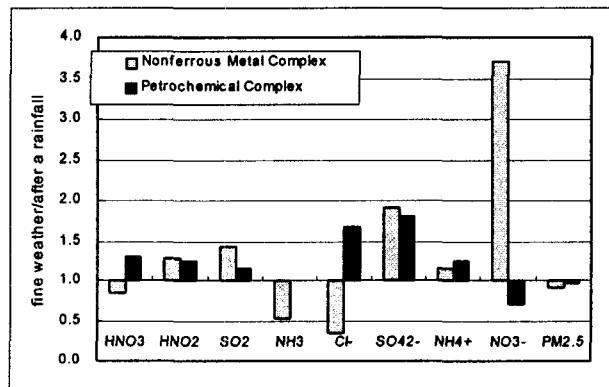


Fig. 1. A Comparison of concentration ratios of PM-2.5 and acidic air pollutants between normal days and after rainfall in nonferrous metallic and petrochemical industrial complex.

### 참고 문헌

- 강동근, 김선태, 김정욱 (1993) 동북아시아 대기오염물질의 장거리 이동에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 제 9권, 제4호, 329~339.
- 강충민, 이승일, 조기철, 안준영, 최민규, 김희강, (1999) Annular Denuder System을 이용한 수도권 지역의 산성오염물질 및 PM2.5 성분농도 분석, 한국대기환경학회지, 제 15권, 제3호, 305~315
- 이병규, (1998) 인제대 환경연구소 발표자료.
- Spengler, J.D., Brauer, M. and Koutrakis, P. (1990) Acid air and health, Environmental Science and Technology, Vol.24, No.7, 946-956.
- Lee, H.S., Kang, B.W., J.P. Cheong, and S.K. Lee (1997) Relationships between Indoor and Outdoor Air Quality during the Summer Season in Korea, Atmospheric Environment, Vol.31, No.11, 1689~1693.
- 통계청 (2001) 2000년 광공업통계.
- 환경부, 국립환경연구원 (2001) 2000년 대기환경연보, 1~81.
- 울산광역시 (2003) 2002 시정백서.