

PC6) 서울과 고산의 대기 중 조해성 물질 농도변화와 PM2.5의
총질량농도와의 상관성

Relation between total mass concentration of PM2.5
and hygroscopic species concentration changes in
Seoul and Gosan

설 경 · 오시은 · 최은경 · 김용표
이화여자대학교 환경학과

1. 서 론

입자상 물질의 질량농도에 크게 영향을 미치는 요인 중 하나는 수분함량인데, 특히 조해성 물질인 NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- 이온성분이 입자무게의 수분함량에 기여한다. 그러므로 입자의 질량농도를 제어하기 위해서 수분함량과 입자조성과의 관계를 이해하는 것이 필요하다. 이 연구에서는 서울과 고산에서 측정된 NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- 의 농도를 변화시켜가며 수분함량 및 질량농도를 예측하여, 질량농도와 조해성 이온들과의 관계를 살펴 그 경향성을 파악하고, 효과적인 입자제어를 위해 저감해야 할 이온을 파악하고자 한다.

2. 연구 방법

대상 지역은 서울과 청정지역인 제주의 고산으로, 각각 163개, 60개의 일별 농도자료를 정도관리를 이용해 151개와 48개의 자료로 선별하였다. 입력자료는 기체상 NH_3 , HNO_3 , HCl 과 입자상 Na^+ , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 의 질량농도, 온도, 상대습도이다. 수분함량을 예측하기 위해 이용한 모델은 기체/입자 평형모델인 SCAPE 모델이다(Kim et al., 1993 a,b).

3. 결과 및 고찰

모델을 이용해 얻은 서울과 고산의 수분함량분포는 전반적으로 고산이 서울의 경우보다 높게 예측되는데, 이는 고산의 상대습도가 평균 0.69로 서울의 평균 0.57보다 크게 나타나, 상대습도의 영향을 받기 때문으로 생각된다. 입자상의 NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- 이 수분함량에 미치는 영향을 살피기 위해 총 SO_4^{2-} , NO_3^- (기체+입자상 농도)를 각각 50%, 100%, 150%, 200%로 변화시키고 총 NH_4^+ 는 25% 간격으로 200%까지 변화시켜 평균 수분함량 변화자료를 살펴보았다. 다음 그림은 각각 sulfate-nitrate, sulfate-ammonium, nitrate-ammonium 등농도곡선과 sulfate 2배 상황에서의 nitrate-ammonium 등농도곡선이다.

고산의 경우 NO_3^- , NH_4^+ 의 영향이 매우 적고 SO_4^{2-} 가 주도적 영향을 미치는 반면, 서울의 경우는 SO_4^{2-} 와 NO_3^- 의 영향이 비슷함을 알 수 있다. SO_4^{2-} 가 높고 NH_4^+ 이 낮은 경우, NH_4^+ 이 증가함에 따라 수분함량이 오히려 감소하는 것은, NH_4^+ 이 증가하면서 $[\text{NH}_4^+] / [\text{SO}_4^{2-}]$ 의 비가 높아지기 때문으로 생각된다. 또, NH_4^+ 이 낮은 곳에서 NO_3^- 의 영향이 적은 것은, NH_4^+ 이 SO_4^{2-} 와 먼저 작용하므로, NO_3^- 가 영향을 미치지 못하기 때문이라고 생각된다.

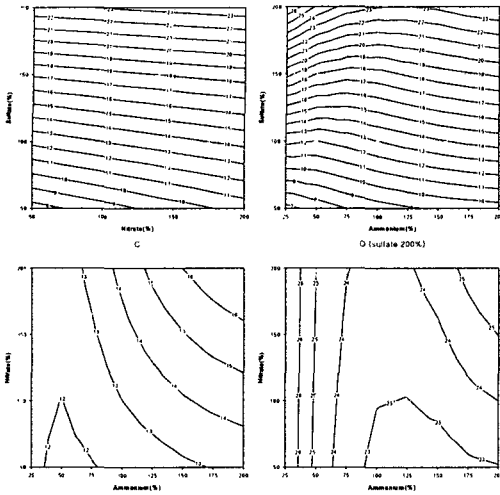


Fig. 1. 고산의 수분함량 등농도곡선
(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

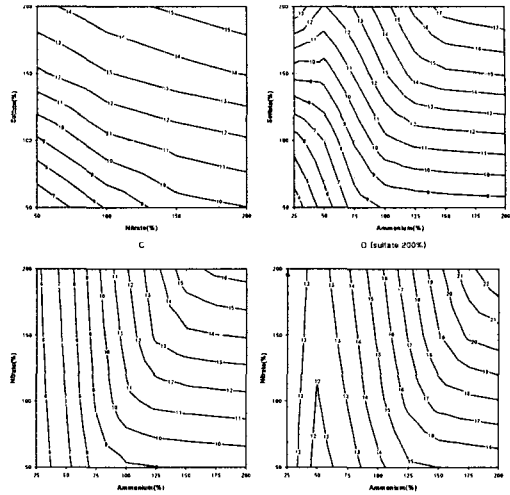


Fig. 2. 서울의 수분함량 등농도곡선
(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

입자의 수분함량과 건조 질량농도를 더해 총질량농도를 구하고, 각 이온들이 100%인 값을 기준으로 하여 변화율을 구해 그 변화율들 중 각각 90%, 75%, 50%, 25%, 10%를 취해 경향을 살펴보았다.

고산과 서울 모두 SO_4^{2-} 영향을 가장 많이 받았다. 고산에서는 NO_3^- 와 NH_4^+ 의 영향이 작은 것에 반해, 서울은 NO_3^- 의 영향도 고산에 비해 컸으며 감소 시 NH_4^+ 의 영향도 볼 수 있었다. 그 원인은 서울이 고산에 비해 NO_3^- 의 농도가 매우 높고, NH_4^+ 이 워낙 풍부하기 때문이라도 추측된다. NH_4^+ 이 풍족할 때는 NO_3^- 증가 시 그 NO_3^- 가 입자상으로 이동하여 수분함량의 증가를 가져오지만 NH_4^+ 이 부족하면 하나의 제한요소로 작용하여 NO_3^- 가 증가해도 영향을 미칠 수 없다. NO_3^- 가 감소하는 경우도 마찬가지로 SO_4^{2-} 와 작용한 후 여분의 NH_4^+ 은 더 이상 입자에 영향을 미칠 수 없다. 따라서, NH_4^+ 과 NO_3^- 중 한 이온의 제어가 두 이온의 영향을 모두 억제할 수 있다.

참 고 문 헌

- 강충민 (1998) Characteristics of the fine particles and source apportionments using the CMB model in Seoul area. 건국대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김진영 등 (1995) 서울지역 입자의 수분함량 및 강산성도 예측, 한국대기보전학회 11, 69-76.
- Kim, Y.P., Seinfeld, J.H. and Saxena, P. (1993 a) Atmospheric gas-aerosol equilibrium: I. Thermodynamic model, *Aerosol Sci. Technol.* 19, 157-181.
- Kim, Y.P., Seinfeld, J.H. and Saxena, P. (1993 b) Atmospheric gas-aerosol equilibrium: II. Analysis of common approximations and activity coefficient calculation, *Aerosol Sci. Technol.* Vol 19, 182-198.
- Lee et al.(2001) Fine particle measurements at two background site in Korea between 1996 and 1997, *Atmos Environ.* 35, 635-643.
- Pathak, P.K. et al. (2004) Sampling artifacts of acidity and ionic species in $\text{PM}_{2.5}$, *Environ. Sci. Technol.* 38, 254-259.