

## 대기-P10 ADOM을 이용한 습성침적 플럭스의 산정

임주연\*, 이화운, 문난경  
부산대학교 대기과학과

### 1. 서론

대기 중 오염물질 제거에 주요 역할을 하는 침적 현상은 오염물질이 중력이나 분자 확산에 의해 지면으로 침강, 흡착하는 건성침적(dry deposition)과 구름 속의 에어로졸이 응결핵이 되어 제거되는 성우제거(rainout) 및 구름 이하의 고도에서 강수에 의해 제거되는 세척제거(washout)를 포함하는 습성침적(wet deposition)으로 구분할 수 있다. 습성침적은 강수 및 구름 물리와 관련된 대기 정화에 큰 비중을 차지하며 장마와 하계 집중 우기를 갖는 우리 나라의 경우 그 중요성이 더욱 부각됨에도 불구하고, 이에 관련된 연구는 미흡한 실정이며, 침적 모형을 이용한 연구는 더욱 찾아보기 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 산성침적 모형, ADOM을 사용하고 기상 및 오염 농도의 실측자료를 모델에 적용하여 실제 지역에 대한 습성침적 플럭스를 수치모의 하고자 한다.

### 2. 본론

선행 연구에서 실시한 기상 요소에 따른 모델의 민감도 분석을 토대로 하여, 본 연구에서는 산성 침적 모형, Acid Deposition and Oxidant Model(ADOM)과 실측치를 사용하여 습성침적 플럭스를 산정하였다. 민감도 분석 결과, 습성침적 플럭스는 여러 기상 요소 중 운저 고도(cloud base height)와 운정 고도(cloud top height)의 차로 표현되는 구름의 두께(cloud thickness)와 대규모 강수량(large scale precipitation) 및 소규모 강수량(small scale precipitation)에 의해 크게 좌우되었다. 따라서, 실제 지역에 대한 습성침적 플럭스를 산정하기 위해서는 습성침적에 중요한 영향을 미치는 주요 기상 요소를 정확히 산정하는 것이 중요하다. 습성침적 플럭스를 수치모의하기 위하여 필요한 자료는 포항, 제주, 광주, 오산의 4개 지점에서 1997년 계절별로 선정된 8일에 대한 지상 관측 자료와 상층 기상 자료, 그리고 지점별 오염 농도 자료이며, 분석된 화학 종은 반응성이 높은  $SO_2$ 와  $SO_4^{2-}$ 이다. 수치모의 결과를 통하여 선행 연구의 민감도 분석의 결과를 확인하고, 지점별/계절별 습성침적의 특성을 분석하였다.

### 3. 결론

ADOM 민감도 분석에 대한 선행 연구결과를 요약하면, 가장 높은 민감도를 나타낸 기상 인자는 강수량이며, 일반적으로 대규모 강수량의 영향이 습성침적 플럭스에 크게 작용한다. 소규모 강수량이 습성침적 플럭스에 중요한 영향을 미치는 두 가지 조건이 있는데, 대규모 강수량이  $0 \text{ mmh}^{-1}$  인 경우와 강수량이 무시할 수 있을 정도의 적은 양인 경우이다. 구름 두께의 변화에 따른 민감도 분석 결과, 구름이 두꺼워질수록 습성침적 플럭

스도 증가하였으며 지표 온도 변화에 따른 습성침적 플럭스는 큰 변화를 나타내지 않았다. 그림 1은 운정 고도(a)와 대규모 강수량(b)에 대한 민감도 분석 결과를  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 습성 침적 플럭스로 나타낸 것으로, 구름 두께의 증가와 강수량의 증가에 따라 습성침적 플럭스가 증가함을 확인할 수 있다. 그림 2는 4개 지점에 대한 실측치 적용 결과 산정된  $\text{SO}_2$ 의 습성침적 플럭스이다.  $\text{SO}_2$ 의 습성침적 플럭스는 대규모 강수량과 구름의 두께에 의해 좌우되어, 대규모 강수량의 값이 높으면 침적되는 플럭스의 양이 많고 구름이 두꺼울수록 침적 플럭스의 양은 적다.

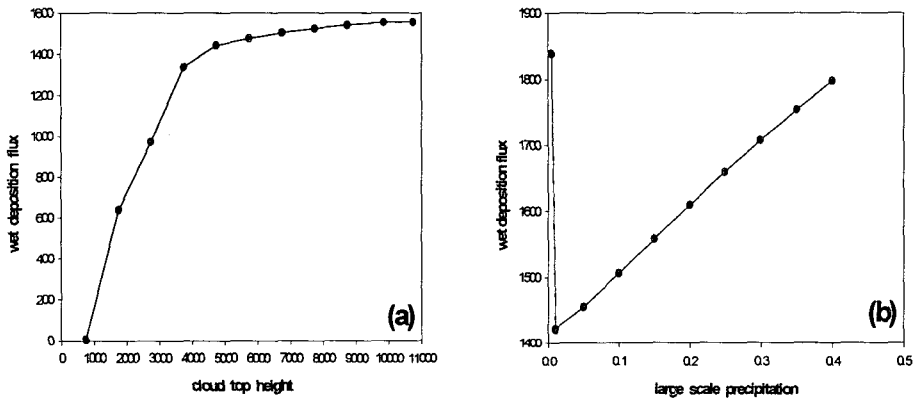


Fig. 1 Results of sensitivity test for (a) cloud top height(m) and (b) large scale precipitation( $\text{mmh}^{-1}$ ) [wet deposition flux:  $\mu\text{g m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ ]

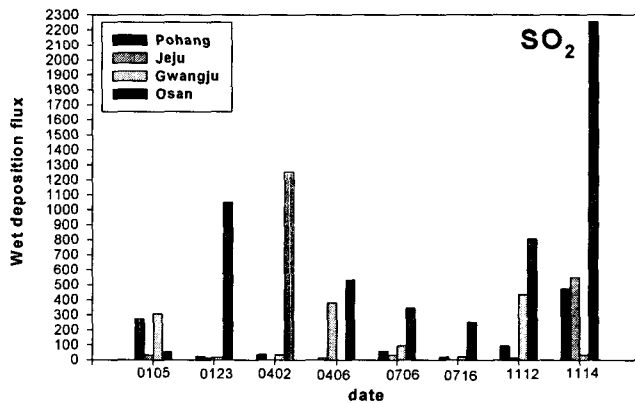


Fig. 2 Estimated wet deposition flux( $\mu\text{g m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ ) of  $\text{SO}_2$  at 4 sites for 8 days in 1997

또 다른 반응성 물질, sulfate의 경우에는 대규모 강수량이나 구름 두께의 증감에 따

라 습성침적 플럭스도 증가 또는 감소하였으며, 침적되는 플럭스의 양은 구름 내 산화 반응에 의한 SO<sub>2</sub>에서 sulfate로의 전환에 의해 크게 좌우된다.

#### 4. 요약

습성침적은 여러 가지 기상 요소 중 대규모 강수량과 구름의 두께에 의해 큰 영향을 받는다. 실측치를 ADOM에 적용하여 습성침적 플럭스를 산정한 결과, SO<sub>2</sub>의 침적 플럭스는 대규모 강수량과 구름 두께에 의해 좌우되고, sulfate의 침적 플럭스는 여름에 많고 겨울에 적은 전형적인 sulfate의 습성침적 패턴을 잘 따르며, 구름 내 SO<sub>2</sub>의 산화 정도에 따라 다르게 나타난다. 이상의 연구 결과들은 향후 산성 침적 모형을 사용한 다양한 조건에서의 습성침적 연구 및 나아가 습성침적 플럭스의 예측에 관한 선행 연구로서 도움을 줄 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- Karamchandani, P. K. and A. Venkatram, 1992: The role of non-precipitating clouds in producing ambient sulfate during summer. Results from simulations with the Acid Deposition and Oxidation Model (ADOM). *Atmos. Environ.* 26A: 1041-1052
- Karamchandani, P., Lurmann, F. and A. Venkatram, 1985: ADOM/TADAP model development program, Volume 8 - Central operator. ENSR Document PB 866-450, ENSR Consulting and Engineering, Camarillo, CA.
- Park, S. U., In, H. J. and Y. H. Lee, 1999: Parameterization of wet deposition of sulfate by precipitation rate. *Atmospheric Environment* 33, 4469-4475
- Park, S. U., Lee, Y. H. and H. J. In, 2000: Estimation of wet deposition of sulfate using routinely available meteorological data and air monitored data in Korea. *Atmospheric Environment* 34, 3249-3258
- Scott, B. C., 1978: Parameterization of sulfate removal by precipitation. *Journal of Applied Meteorology* 17, 1375-1389
- Venkatram, A. and P. K. Karamchandani, 1988: ADOM II Scavenging module. ERT Document No. 0780-004-205, ERT Inc., Camarillo, California U.S.