

대기-P1

## 부산광역시에 대한 입자상 물질의 건성침적속도 수치모의

반수진\*, 이화운, 문난경  
부산대학교 대기과학과

### 1. 서 론

대기 중 오염물질의 수지에 있어서 침적과정은 오염물질들을 제거하는데 중요한 역할을 한다. 이러한 침적과정 중 오염물질의 건성침적에 있어서 가스상 물질에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있는 반면 입자상 물질에 대한 건성침적에 관해서는 연구가 많이 미흡한 실정이다. 그러나 황산염, 질산염, 암모늄 등의 입자상 물질의 침적은 생태계의 산성화나 부영양화에 영향을 줄뿐만 아니라 오염물질의 장거리 수송 특히 황사의 장거리 수송에 있어서 큰 영향을 미치므로 상당히 중요하게 다루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 이러한 입자상 물질의 건성침적현상을 살펴보기 위해 ADOM 건성침적모형과 Slinn의 모수화로 구축된 건성침적모형 및 여름철 맑은 날에 대한 기상자료를 이용하여 황산염의 건성침적속도를 수치모의하고 또한 이러한 모형 중 Slinn의 모수화로 구축된 건성침적모형과 3차원 대기유동장 모형을 결합하여 실제 부산광역시에 대한 입자상 물질의 건성침적속도를 수치모의하여 그 특성을 살펴보고자 한다.

### 2. 본 론

본 연구에서 입자상 물질의 건성침적속도를 구하는데 사용한 모형은 ADOM 건성침적모형(Pleim et al., 1984; 문난경, 1996)과 Slinn(Slinn, 1982)의 모수화로 구축된 건성침적모형이다. 우선, ADOM 건성침적모형에 관한 모수화식은 다음과 같다.

$$V_{di} = \frac{1}{R_A + R_B + R_{cpi}} + V_{gi}$$

여기서,  $V_{di}$ 는 입자 크기 i의 침적 속도이며,  $R_A$ 는 공기역학적 저항,  $R_B$ 는 입자 침적에 대한 net canopy 저항이며  $V_{gi}$ 는 종력 침강 속도이다.

다음으로 Slinn의 모수화로 구축된 건성침적모형은 다음과 같은 식을 이용한다.

$$V_{di} = V_{gi} + \frac{1}{(R_A + R_B)}$$

여기서,  $R_A$ 는 공기역학적 저항,  $R_B$ 는 지표총 저항을 나타내는 것으로써, 여기에는 브라운 확산, 충돌 그리고 간섭에 의한 collection efficiency와 큰 입자들의 지표 충돌로 인한 재부유에 대한 보정항이 포함된다.

이러한 두 가지 모형과 1988년 여름철 캐나다 활엽수림에서 관측된 기상자료를 이용하여 입자상 물질인 황산염의 건성침적속도를 수치모의하고 그 결과를 비교하였다.

또한 BATS(Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme)(이귀옥, 1999)로써 식생의 영향을 고려한 3차원 대기유동장 모형을 이용해서 예측한 기상자료를 사용하여, 실제 지형에서의 건성침적속도 수치모의를 가능하게 하였다. 그리고 이를 부산광역시를 대상으로 적용함으로써 입자상 물질에 대한 건성침적속도의 일변화 분포를 살펴보고 또한 각 지표 특성을 대표할 수 있는 격자를 선택하여 침적속도의 수평분포를 살펴보았다.

### 3. 결 론

입자상 물질의 건성침적속도를 예측하는데 사용되는 ADOM 건성침적모형 및 Slinn의 모수화로 구축된 건성침적모형과 여름철 활엽수림에서 관측된 기상자료를 이용하여 황산염에 대한 건성침적속도를 수치모의한 결과, 건성침적속도는 ADOM 모형을 사용했을 때 0.016~0.043cm/sec의 분포를 그리고 Slinn의 모수화로 구축된 모형을 사용했을 때는 0.128~0.864cm/sec의 분포를 보였다. 이러한 수치모의 결과값과 문헌에 나와있는 관측값 및 EMEFS-II(Eulerian Model Evaluation Field Study-II) 관측값을 비교해 본 결과, Slinn의 모수화로 구축된 모형의 결과값이 활엽수림에 대한 황산염의 최대 건성침적속도가 1cm/sec이고 평균값이 0.6cm/sec라는 관측값과 입경별에 따른 관측값을 약간 과대평가하고 있지만 ADOM 건성침적모형보다 더 관측값에 일치함을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 입자상 물질의 건성침적속도를 더 잘 예측하는 Slinn의 모수화로 구축된 모형과 BATS로써 식생을 고려한 3차원 대기유동장 모형과의 결합을 통해 부산광역시에서의 먼지 입자에 대한 건성침적속도를 수치모의한 결과, 전체적인 건성침적속도의 분포값은 0.4~2.6cm/sec로 나타났고, 건성침적속도는 지표면의 특성에 따라 다르게 분포하였다. 특히 식생을 고려한 3차원 대기유동장 모형으로 산출된 바람장을 입력자료로 사용하여 입자상 물질의 건성침적속도를 계산하였으므로, 산지 지역의 거칠기와 곡풍과 해풍의 영향으로 인한 풍속의 증가가 고려되어 침적속도의 일변화를 살펴볼 때 낮 동안 금정산 일대를 비롯한 산지 지역에서 침적속도가 크게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

### 4. 요 약

입자상 물질에 대한 건성침적속도를 구하는 두 가지 모형 중 Slinn의 모수화로 구축된 건성침적모형이 ADOM 건성침적모형에 비해 좀 더 신뢰성있는 결과를 산출하였고 부산광역시에서의 입자상 물질에 대한 건성침적속도 수치모의 결과도 전반적으로 거칠기 길이가 큰 산림지역에서 높은 값이 나타남을 보여주었다.

입자상 물질의 건성침적속도 계산에 있어 가장 중요한 것은 대상 입자의 크기이므로 무엇보다도 그 물질에 대한 정확한 크기분포에 대한 규명이 있어야 하고 또한 본 연구에서는 다루지 못한 수면의 높은 풍속에서의 물결 파괴, 물보라 형성 그리고 물과 공기경계면 근처의 습한 지역에서 입자 성장의 영향 등을 고려하는 좀더 자세한 연구가 추후에 이루어져야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- 문난경, 1996, 중규모에서의 대기오염물질 침적모델에 관한 연구, 부산대학교 일반대학원 석사학위논문.
- 이귀옥, 1999, 식생을 고려한 부산지역의 대기유동장 수치모의, 부산대학교 일반대학원 석사학위논문.
- Hicks, B.B. and P.S. Liss, 1976, Transfer of SO<sub>2</sub> and other reactive gases across the air-sea interface, Tellus, 28, pp. 348-354.
- Peters, K., and R. Eiden, 1992, Modelling the dry deposition velocity of aerosol particles to a spruce forest, Atmos. Environ., 26, pp. 2555-2564.
- Pleim, J., A. Venkatram, and R. Yamartino, 1984, ADOM/TADAP Model Development Program. ERT P-B980-520 Prepared for OME, AES of Canada and the Umweltebundesamt, West Germany.
- Slinn W.G.N., 1982, Predictions for particle deposition to vegetative surfaces. Atmos. Environ., 16, pp. 1785-1794.
- Zhang, L., S. Gong, J. Padro, and L. Barrie, 2001, A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module, Atmos. Environ., 35, pp. 549-560.