

# 지표면의 특성에 따른 오존의 건성침적속도 변화

이화운, 김유근, 문난경, 노순아\*  
부산대학교 대기과학과

## 1. 서론

오염 물질 농도 예측에 있어 지표층 근처의 물리적 과정 중 침적 현상은 인간 활동에 직접적인 영향을 주고받는다라는 점에서 충분히 고려되어야 한다. 토양이나 숲에 대한 침적과 식물, 특히 곡물이 있는 지표에 대한 침적 현상은 오염 물질이 식물 성장에 직접적인 피해를 줄 수 있다는 점에서 중요하고, 지표가 습하거나 눈으로 덮인 경우에도 침적현상은 오염 물질 농도 예측에 중요한 의미를 가진다. 오염 물질 침적에 대한 관심의 대상이 되는 다른 지표로는 물과 토양을 들 수 있는데, 이것은 수질오염과 토양오염에 관련되기 때문에 더욱 중요하다.

여러 가지 지표에 대한 침적속도를 추정하기 위하여, Businger와 Wingaard(1971)는 지표층에서 profile과 flux를 측정하여 무차원 형태로 다양한 물리량을 분석하였고, Wesely와 Hicks(1977)는 식물이 있는 지표에 대한 침적율(deposition rate)에 영향을 미치는 factor에 의한 방법을 검토하고 침적 속도 계산 방법의 기본적인 개념을 밝혔으며, Wesely(1989)는 지표면 성질에 따라 건성 침적에 대한 지표면 저항을 상세하게 parameterization 하였고, 침적 속도 계산을 위한 수치 모델에 있어서 지표면 저항(surface resistance)이 중요하다는 것에 중점을 두어 침적현상을 추정하였다.

본 연구에서는 지표면 특성에 따른 오존의 건성침적속도 변화를 추정하는데 있어 지표면의 분류에 따른 지표특성을 반영하는 factor의 모수화로 Wesely(1989)의 방법을 이용하여 각각의 지표면에 대한 침적속도를 예측하였다.

## 2. 자료 및 연구방법

침적속도는 풍속, 마찰 속도, 지표 거칠기, 대기 안정도, canopy wetness 등의 영향을 받는데, 난류층의 공기역학적 저항(aerodynamic resistance), 층류층의 점성층 저항(sublayer resistance) 그리고 지표면의 특성에 따른 오염물질

의 수송시 발생하는 저항인 지표면 저항(또는 canopy 저항)을 포함하여 세 가지 저항을 고려하여 계산하였다. 공기역학적 저항은 난류 경계층(turbulent boundary layer)내에서 대기 난류에 의존하고, 점성층 저항은 난류 수송과정보다 더 이상 적용되지 않는 층류 경계층(laminar sublayer)에서 분자확산이나 브라운 확산에 기본적으로 의존한다. 지표면 저항은 대기오염물질의 종류와 지표의 종류에 따라 크게 다르게 나타나는데, Wesely(1989)에 의한 계산방법을 이용하였다. Wesely(1989)는 canopy 저항을 아주 상세히 나누고 화학적, 생물학적 parameter등을 고려하여 계산하며 다양한 지표면에 대한 저항들을 모수화하였다.

이러한 과정으로 여름철 맑은 날의 오존의 건성침적속도를 지표면 특성에 따른 농경지, 목초지, 활엽수림, 침엽수림, 혼합림, 농경지와 목초지가 혼합된 지표, 사막, 낮은 관목과 바위가 있는 평지 등의 분류에 따라 계산해 보았다. 이때 지표면 종류에 따른 기공저항, 상·하층 canopy에서 잎에 대한 저항, 잎의 밀도와 수송에 관한 저항 등의 지표 분류 요소를 고려하였고, 지표 거칠기 길이는 NCAR(1985)와 Wilson M.F. (1984)의 자료를 사용하였다.

본 연구에서 모의된 침적속도의 타당성을 검증하기 위하여 활엽수림에서의 오존에 대한 침적속도 계산 결과와 1988년 여름 Canada Borden forest (deciduous forest)에서 실시된 CANADA 환경청의 관측 결과와 비교하였다.

### 3. 결과

활엽수림에서의 오존의 침적속도 계산 결과는 대략 0.1~0.6 cm/sec의 분포를 나타내었고 활엽수림에서의 관측결과는 0.16~1.2 cm/sec의 분포를 보였으며, 계산 결과와 관측 결과를 비교할 때 부분적으로 overestimate와 underestimate가 나타나지만 전체적인 pattern에서 대체로 좋은 일치를 보이고 건성침적속도의 일변화 경향을 잘 나타내었다.

침적속도는 canopy의 종류에 따른 지표 거칠기 길이와 잎에 의한 대류 현상, 지표면 특성에 크게 영향을 받으며, 예상했던 것처럼 식물의 활동이 활발한 농경지와 숲에서의 침적속도가 다른 지표면에서의 침적속도보다 크게 나타났다. 식물의 활동으로 인한 uptake가 보다 활발한 활엽수림을 대상으로 한 경우 침엽수림의 경우보다 침적속도 분포가 크게 나타났고, 혼합림의 경우 활엽수림과 침엽수림의 중간정도 크기의 침적속도 분포를 보였다.

이상과 같이 지표면의 특성에 따라 건성침적속도의 변화를 살펴볼 때, 지표면에 따른 건성침적속도를 보다 정확하게 계산한다면 대기오염물질의 농도를 예측하는데 많은 기여를 할 것이라 예상된다. 또한 수치모의를 통한 건성침적속도 예측의 정확성을 기하기 위하여 지표면 종류에 따른 정확한 parameterization과 아울러 공기역학적 저항과 점성층 저항에 대한 폭넓은 연

구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 참고문헌

- 문난경, 1996, 중규모에서의 대기 오염 물질 침적 모델에 관한 연구,  
부산대학교 일반대학원 석사학위논문
- NASA, 1985, The NCAR Eulerian Regional Acid Deposition model.
- Businger J.A., Wingard J.C., Izumi Y. and Bradley F., 1971,  
Flux-Profile relationships in the atmospheric surface layer, J.  
Atmospheric Sciences, 28, 181-189
- Padro J., H.H. Newmann, and G. Den Hartog, 1991, An investigation of  
the ADOM dry deposition module using summertime O<sub>3</sub>  
measurements above a deciduous forest. Atmospheric  
Environment. 25A, 8, 1689-1704
- Padro J., 1994, Summary of ozone dry deposition velocity  
measurements and model estimates over vineyard, cotton, grass  
and deciduous forest in summer, ASSAQ
- Walmsley J.L., Wesely M.L., 1996, Modification of coded  
parametrizations of surface resistances to gaseous dry deposition,  
Atmospheric Environment. 30, 7, 1181-1188
- Wesely M.L. and Hicks, B.B., 1977, Some factors that affect the  
deposition rates of sulfur dioxide and similar gases on  
vegetation. J. Air Pollutant Control Ass. 27, 1110-1116
- Wesely M.L., 1989, Parameterization of surface resistances to gaseous  
dry deposition in regional-scale numerical model. Atmospheric  
Environment. 23, 1293-1304
- Wilson M.F., 1984, The construction and use of land surface  
information in a general circulation climate model. Unpublished  
Ph.D. thesis, University of Liverpool, United Kingdom, 346pp