

4C4) 황사시 서울시 대기 중 중금속 건식침적의 오염원 위치 파악을 위한 Hybrid Receptor Model의 적용

Identification of Source Location for Atmospheric Dry Deposition of Heavy Metals during Yellow- Sand Events Using Hybrid Receptor Models

이승록 · 허종배 · 정장표¹⁾

서울대학교 보건대학원 환경보건학과, ¹⁾경성대학교 환경공학과

1. 서 론

대기 침적은 환경 내에서 침적된 물질들이 미치는 악영향으로 인하여 그에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 이 중에서 건식침적이란 대기 중 입자상이나 가스상 오염물질들이 눈이나 비가 오지 않을 때 지구 표면으로 이동되어 제거되거나 반응하는 기작을 말한다. 이러한 건식침적에 관한 연구는 그 측정의 어려움으로 인하여 주로 간접 측정법에 의하여 추정된 것이 대부분이었으나, 최근 대체 표면을 사용하여 건식침적량을 직접 측정을 하고자 하는 시도가 이루어져왔다.

우리나라의 경우 거의 매년 봄에 중국과 몽골 지방에서 발생한 황사가 대기질에 큰 영향을 미치고 있으며 최근 중국에서 진행되고 있는 공업화에 의하여 황사의 화학적 구성성분이 변화하고 있는 것으로 알려져 있다. 황사에 대한 대부분의 연구는 황사의 근원지를 알아내거나 황사의 이동을 모사하는 것이 대부분이었다. 최근에 이루어진 연구 결과에 의하면 1998년에 발생한 황사기간 중 전형적인 토양성분뿐만 아니라 인위적인 오염원에서 발생하는 물질들도 중국에서 우리나라로 이동하여 침적되는 것을 보여 주었다. 특히 황사기간 동안 분석된 원소들 중 납 건식침적량은 비 황사기간과 비교할 때 약 4배정도 증가하는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 1998년 서울에서 측정된 중금속 건식침적량과 대기 역패도를 조합한 hybrid 수용모델을 사용하여 황사기간 중 중금속 대기 건식침적에 영향을 미치는 오염원의 위치를 알아내고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 중금속 건식 침적량은 이화여자대학교 아산 공학관 옥상에서 1998년 4월부터 6월까지 비가 오지 않을 때 낮 시간(09:00-18:00)과 밤시간(18:00-09:00)을 구분하여 측정된 것이다. 입자의 재비산을 막기 위하여 그리스를 얇게 입힌 strip을 건식침적판의 상부에 설치하여 시료 채취표면으로 사용하였다. 중금속 전처리는 선행 연구방법을 따랐으며, micro-wave oven(CEM MDS-2000)을 사용하였다. 전처리된 시료는 ICP-MS(Varian Ultramass 700)로 분석하였다. 분석된 중금속 중 이 연구에서 사용된 것은 납과 알루미늄 건식침적량이다.

본 연구에서 사용된 hybrid 수용 모델은 PSCF(Potential Source Contribution Function)와 RTWC(Residence Time Weighted Concentration)이며, 이 두 모델에 필요한 대기 역패도는 HYSPLIT(Hybrid Single-Particle Lagrangian Trajectory Model)을 사용하여 구하였다. 역패도의 시작 고도는 황사가 장거리 이동을 한다고 가정할 수 있기 때문에 1000 m로 하였고, 패도의 종말점(end point)의 개수가 5보다 작은 셀은 고려대상에서 제외하였다. 역패도는 모든 시료에 대하여 매 2시간 간격으로 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

이 연구에서는 중국과 우리나라를 1° x 1° 나눈 격자를 hybrid 수용모델에 사용하였다. 황사가 봄철에 일어나는 현상이기 때문에 모델에 사용된 대기 침적 시료는 봄철 황사시와 봄철 비 황사시에 측정된 대기 침적량으로 구분하였다.

3. 1 PSCF

3.1.1 납의 오염원 위치

이 연구에서는 높은 배출 오염원을 찾아내기 위하여 모델의 기준값(criterion value)으로 측정된 건식 침적량의 75%에 해당하는 값을 사용하였다. PSCF를 사용한 결과를 보면 1998년 봄철에 서울의 높은 납 건식침적량에 영향을 미치는 오염원은 고비 사막(Gobi Desert), Alashan 반 사막(Alashan semi-desert), 중앙 중국 황토고원(Central China loess plateau) 및 선양, 푸순, 안산, 다례를 포함하는 산업지대로 나타났다(Figure 1). 이 결과는 높은 납 건식침적량이 중국의 사막뿐만 아니라 산업지역도 영향을 미친다는 것을 보여주었다.

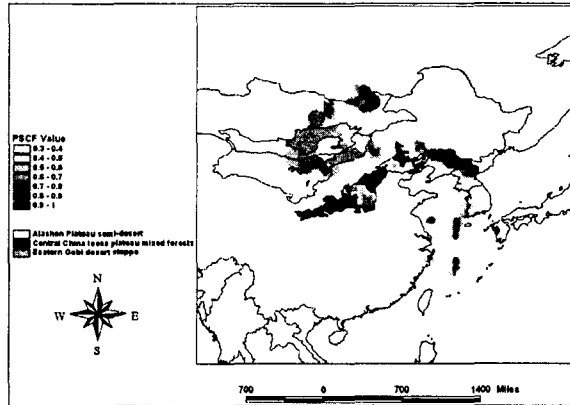


Fig.1. Likely source areas impacting the Pb dry deposition flux in Seoul, Korea over the study period using PSCF modeling.

3.1.2 알루미늄의 오염원 위치

PSCF 결과에 의하면 알루미늄의 오염원은 고비사막, 중앙 중국의 황토고원 및 텐진, 탕상, 베이징, 스자좡을 포함하는 산업지역으로 나타났다(Figure 2). 납의 결과와 비교할 때 알루미늄은 오염원이 보다 넓게 분포하고 있는 것으로 나타났고, 산업지역도 다른 곳으로 부터 기여하는 것으로 나타났다.

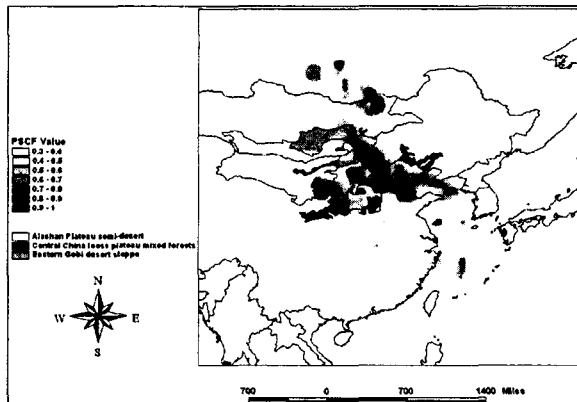


Fig. 2. Likely source areas impacting the Al dry deposition flux in Seoul, Korea over the study period using PSCF modeling.

3. 2 RTWC

3.2.1 납의 오염원 위치

RTWC가 PSCF와 다른 점은 기준값(criterion value)을 사용하는 대신 대수 농도나 침적량이 직접 trajectory와 연관이 되고, 농도나 침적량이 trajectory의 수뿐만 아니라 각 trajectory별 segment들에 다 시 할당된다는 것이다. 이와 같은 이유로 RTWC는 오염원의 “hot spot”을 찾아내는 것이 가능하다. 납의 건식침적 오염원은 PSCF의 결과와 유사하게 나타났다(Figure 3). PSCF에서 보였던 고비사막으로부터 오는 오염원이 RTWC에서는 보이지 않았다. 이는 고비사막이 납의 건식침적에는 큰 영향을 주는 오염원은 아니라는 것을 보여준다고 할 수 있다.

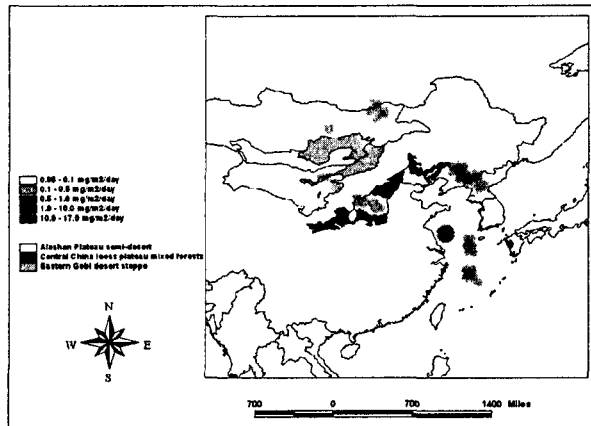


Fig. 3. Likely source areas impacting the Pb dry deposition flux in Seoul, Korea over the study period using RTWC modeling.

3.2.2 알루미늄의 오염원 위치

알루미늄의 건식침적 오염원은 PSCF의 결과와 유사하게 나타났다(Figure 4). 하지만 RTWC 결과가 넓은 오염원 지역과 좁은 오염원 지역을 잘 분리하여 구분하는 것으로 나타났다. 특히 텐진, 탕상, 베이징, 스촨장을 포함하는 산업지역 오염원의 경우, RTWC 결과에서는 3개의 hot spot을 명확하게 보여주었다(Figure 4).

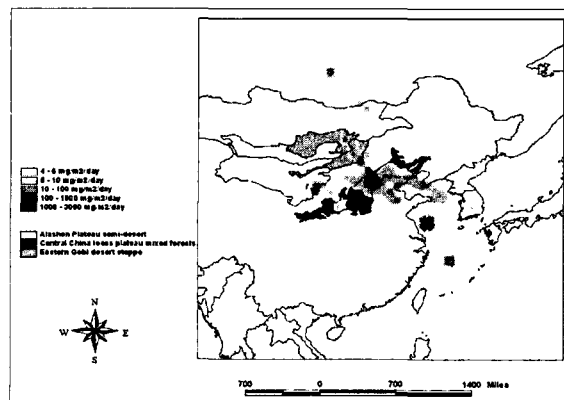


Fig. 4. Likely source areas impacting the Al dry deposition flux in Seoul, Korea over the study period using RTWC modeling.

참 고 문 헌

- Yi, S.M., Eun-Young Lee, Holsen, T.M., 2001. Dry Deposition Fluxes and Size Distribution of Heavy Metals In Seoul, Korea During Yellow-Sand Events. *Aerosol Science and Technology*, Vol. 35, No. 1: 569-576, 2001.
- Stohl, A., 1996. Trajectory Statistics A new method to establish source-receptor relationships of air pollutants and its application to the transport of particulate sulfate in Europe. *Atmos. Environ.* 30, 579-587.