

OA8 한반도에 유입된 황사의 기상분석 및 정량추정

송상근*, 정주희, 김유근
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

발원지로부터 유입되는 황사의 영향에 있어 만약 적절한 기상조건이 구비되지 않는다면 한반도 상공으로 수송되어 온 먼지입자는 대기하층으로 하향수송되지 않고 바로 상층을 통과하여 지나가게 되므로 지상부근에서의 뚜렷한 농도증가 현상은 보기 어렵다. 즉 사례별로 발원지와 풍하측 지역 사이의 종관기상장 패턴과 기상조건에 따라 황사의 이동경로 및 유입된 황사의 양은 서로 차이를 보일 수 있으며, 풍하측에 미치는 영향 또한 서로 다른 특징을 가질 수 있다. 특히 우리나라는 중국 사막 및 고원지대의 배출원 현황을 정확히 모르는 상태이므로 발원지로부터 유입되어 온 황사의 통과량과 수송 및 침적량 등에 대한 정량적인 연구(정관영과 박순웅, 1998; 정용승 등, 2000)는 상당히 부족한 실정이다.

특히 2002년에는 봄(3, 4월), 가을(11월)로 상당량의 황사가 유입됨으로써 한반도 전역에 가장 심한 피해를 가져왔다(Chung et al., 2003). 그 중 3월에는 사상 최악의 황사 발생량을 기록하였고, 11월에 나타난 가을황사는 매우 이례적인 현상으로서 황사보고 이래 1991년 11월 30일 서울에서 발생한 이후 두 번째로 기록되었으며(환경부, 2003), 그 영향 또한 전국적 규모로 넓게 발생하였다. 본 연구에서는 최근 가장 심했던 2002년 봄철(3월 사례)과 가을철(11월 사례) 황사시의 기상학적 특성 및 대기질 영향을 비교·분석하고자 하며, 또한 사례 기간동안 한반도에 유입된 황사의 통과량/침적량 등을 계산하여 수송모델(HYPACT, HYbrid Particle And Concentration Transport)의 결과와 비교하고자 한다.

2. 자료 및 연구방법

본 연구에서는 2002년 3월과 11월에 발생한 황사사례를 선택하여 기상학적 특성을 분석하기 위해 일본기상청에서 발행한 지상 및 상층의 인쇄일기도, NOAA에서 관측한 인공위성 자료, 모델링을 통한 기상요소(수평풍속, 지위고도, 잠재와도 등) 등을 이용하였다. 또한 황사시 대기질 특성을 알아보기 위해 지상부근 황사 영향을 쉽게 관측할 수 있는 PM10 농도, 운저고도 이상의 자유대기에서 황사의 분포특성을 알 수 있는 TOMS 에어로솔 지수자료를 이용하였다. PM10 자료는 한반도 내 광역시 이상의 서울(27개 지점), 대전(10개 지점), 광주(4개 지점), 대구(6개 지점), 부산(9개 지점)과 기타 여러 도시에서의 환경부 산하 대기오염 측정소의 농도자료를 평균하였다. 아울러 두 황사사례시의 기상학적 특성을 보다 명확하게 이해하고 그 양을 추정하기 위하여 기상장 모델(RAMS)과 수송모델을 이용한 정량분석을 수행하였다.

3. 연구 결과

3.1. 사례기간 동안의 먼지(PM10) 농도 특성

3월 사례는 21일 정오를 기점으로 $1000 \mu\text{g m}^{-3}$ 을 초과하는 먼지농도를 볼 수 있으며, 전국적 규모로 분포하고 있음을 확인 할 수 있다. 반면 11월 황사 사례는 3월 사례와 비교하여 서울과 대전에 집중적인 농도증가를 보였으며, 특히 도시별로 시간적인 차이를 나타내고 있다. 이는 발원지에서 유입된 황사가 한반도 중부지방에 상당한 영향을 준 후 미약하게나마 남부지방으로 이동되어 결국 소멸된 것으로 사료된다. 이는 단순한 수송효과가 아닌 두 사례기간 동안 기상학적 특성의 차이가 있음을 예상할 수 있다.

3.2. 인공위성과 에어로솔 지수 자료를 이용한 황사관찰

2002년 3월과 11월에 발생한 한반도 내 황사사례를 중심으로 NOAA에서 관측한 인공위성 영상과 에어로솔 지수 자료를 이용하여 황사의 이동고도 및 경로를 분석하였다. 두 사례는 모두 고비사막 주변으로 발원하여 시간이 지남에 따라 그 영향은 한반도 중심과 남쪽으로 이동되어 결국 한반도 전역에 걸쳐 황사입자의 분포를 확인할 수 있었다.

3.3. 일기도를 이용한 종관기상장 특성

2002년 3월과 11월 사례는 기존의 봄철사례와 상당히 유사한 패턴이었지만, 11월 사례와 비교하여 3월 사례는 발원지에서의 황사 부유조건과 풍하측으로의 수송/침적과 관련된 기상조건이 보다 적합한 특성을 보였다. 즉 3월 사례의 종관기상 특성은 한반도의 상층에 강한 제트류와 함께 기압골이 위치하고 점차 발달된 기압골의 좌측부분으로 한랭이류(cold advection)에 의한 하강기류가 발생하며, 지표 부근에서는 한반도 동쪽의 저기압 세력을 따라 대륙성 고기압이 한반도를 향하여 확장되는 종관패턴(서고동저형)을 뚜렷하게 나타내었다. 이러한 기압골의 발달 및 이동경로에 따라 한반도 지상에서의 황사 강도는 크게 차이를 알 수 있다.

3.4. 사례기간 동안의 정량분석

β 선 흡수법에 의한 황사 에어로솔의 모니터링 결과(나가사키의 모니터링 결과, 1998년 4월 13~14일 사례)에서 얻은 경험식을 바탕으로 한반도 내 통과하는 황사량을 추정하였으며, HYPACT 수송모델의 결과와 비교하였다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단이 지원하는 SRC 기후환경시스템연구센터의 지원으로 이루어졌다.

참 고 문 헌

정관영, 박순웅, 1998, 황사의 크기 및 침착량에 대한 수치 모의, 한국대기보전학회지, 14(3), 191-208.

정용승, 김학성, 박기현, 전종갑, 첸 수젠, 2000, 1997~2000년에 관측된 황사의 농도와 부하량 및 시정: 위성과 기상 분석, 한국기상학회지, 36(5), 583-600.

환경부, 2003, 대기환경월보 11월호.

Chung, Y.S., H.S. Kim, J. Dulam, J. Harris, 2003, On heavy dustfall observed with explosive sandstorms in Chongwon-Chongju, Korea in 2002, Atmos. Environ., 37, 3425-3433.