

심포지움 1) 2006년도 황사 종합 분석 (4월 7일~9일을 중심으로)

Synthetic Analysis of Asian-Dust Storm in 2006

박일수 · 전영신¹⁾ · 이동원 · 차준석 · 김상균 · 이재범 · 홍성철

국립환경과학원 지구환경연구소, ¹⁾기상연구소 응용기상연구실

1. 서 론

중국으로부터 발생한 황사는 2000년부터 급격히 증가하는 현상을 보이고 있으며 1965년부터 서울의 황사발생 일수를 살펴보면 1990년대 후반부터 증가하는 것으로 나타났으며 2001년도에는 총 27일이 관측되었다. 2006년도 4월 7일부터 9일까지 우리나라에 영향을 미친 황사는 2002년 이래로 가장 강한 황사로 기록되고 있다. 최근 황사발생의 근원이 되고 있는 중국과 몽골의 사막화가 가속되고 있으며, 우리나라에도 황사 현상과 발생 빈도 및 강도의 변화가 심해지고 있어 황사현상에 대한 관심이 집중되고 있다. 이에 따라 4월 7일~9일 황사를 중심으로 2006년도 황사 특성의 종합분석을 수행하였다.

2. 연구 방법

황사발생 기간동안 황사 일기도, LIDAR 측정자료 및 황사 위성영상 등을 종합적으로 분석 하였다. 또한 황사 발생시의 국내 PM₁₀ 농도장의 분포와 공기괴의 역궤적을 분석하였다. 급년도 가장 강한 황사 사례인 4월 7일부터 9일까지의 사례의 집중 분석을 위해 황사 이동경로, 종관 기상장, 850hPa 상층일기도 및 LIDAR, 인공위성 영상과 PM₁₀ 농도를 집중 분석하였다. 황사 중 중금속 농도와 비황사시의 중금속 농도를 비교 분석을 위해 2006년 4월 8일부터 9일 기간 중의 서울, 부산 등 주요도시에서의 측정자료를 이용한 분석을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 2006년도 황사 발생 현황 및 이동경로 분석결과

1996년부터 2006년까지 전국 평균 봄철 황사관측 일수를 살펴보면 중국으로부터 발생한 황사는 2000년부터 급격히 증가하는 현상을 보이며 2003년도에는 황사 발원지에 강설 등의 원인으로 황사발생이 급감하였다가 다시 증가하는 추세를 보이고 있다(그림 1(a)). 1991년부터 2006년까지 최근 서울의 황사관측 일수를 살펴보면 1990년도 후반부터 증가하는 추세로 나타났으며, 2001년도에는 총 27일, 2006년에는 총 11일이 관측되었다(그림 1(b)).

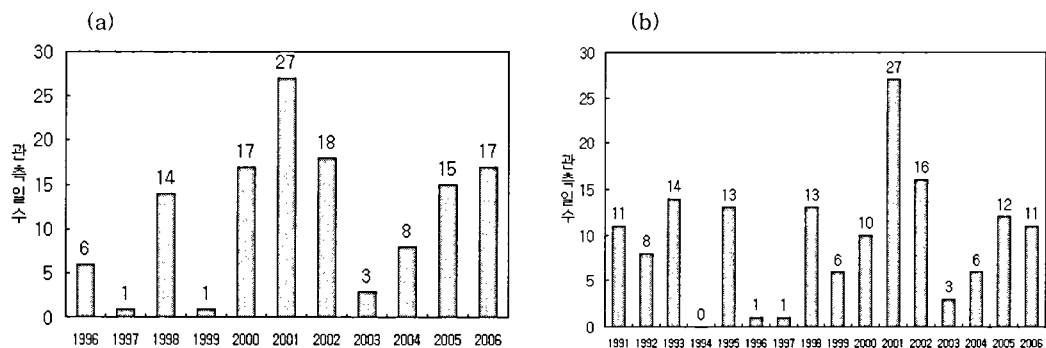


Fig. 1. Yearly frequency of Asian-dust storm observed (a) in Korea during 1996 to 2006, (b) in Seoul during 1991 to 2006.

2006년도에 발생한 황사 횡수는 총 9회였으며, 발생일수는 13일이었다. 황사 주의보는 5차례 (3/11, 3/13, 3/28, 4/7, 4/30) 있었으며, 황사경보가 1차례(4/8) 있었다. 2006년도 황사의 특이점은 영동지역은 물론 울릉도까지도 황사가 여러 차례 발생하는 등 한반도 동쪽 전역에 영향을 나타냈다(표 1).

Table 1. Transproation path of Asian-dust storm.

	월/일	이동 경로
1	1/16	내몽골 (1/15) → 화북 → 발해만 → 백령도 (1/16)
2	3/11	고비 (3/8~9) → 내몽골 (3/10) → 발해만 → 백령도 (3/10) → 울릉도 포함 전국(3/11~12)
3	3/13	내몽골 (3/12) → 화북-발해만 → 백령도·서울 (3/13) → 영덕 (3/14)
4	3/25	고비 (3/24) → 화북 → 발해만 → 백령도 (3/25) → 서울제외 중북부 (3/25)
5	3/28	고비 (3/26) → 내몽골 (3/27) → 화북·백령도 (3/27) → 전국 (3/28) → 일본 혼슈 (3/29)
6	4/7~9	고비 (4/5) → 내몽골 (4/6) → 백령도·서울 (4/7) → 전국(4/8~9) → 일본시코쿠·규슈 (4/8~9)
7	4/18	내몽골 (4/16) → 화북·발해만·산동반도 (4/17) → 백령도·광주 (4/17) → 백령도, 울릉도 포함 전국 (4/18) → 남부 (4/19~20)
8	4/23~24	고비·내몽골 (4/22) → 화북 (4/23) → 산동반도 (4/23) → 서울·남부지방 (4/23) → 전국(4/24) → 중남부 (4/25)
9	4/30~5/1	고비 (4/28) → 내몽골 (4/29) → 화북 (4/30) → 백령도·서울 (4/30) → 제주제외 전국 (5/1)

3.2 4월 7일~9일의 사례

4월 5일에 고비사막에서 발생한 황사는 4월 6일 내몽골을 거쳐 4월 7일 오후 우리나라 백령도에 도달하여 4월 9일까지 전국에 걸쳐 영향을 미치고 일본 시코쿠와 규슈지방으로 빠져나갔다(그림 2(a)). 중관기상장 분석결과 북쪽으로 지나가는 기압골의 후면을 따라 이동하던 황사가 한반도를 거쳐 일본으로 이동하였고 9일 18시 소멸된 것으로 나타났다(그림 2(b)). 4월 5일에 고비사막, 내몽골, 오르도스에서 발생한 강한 황사는 남동쪽으로 계속 이동하여 저기압에 동반된 전선의 영향을 받았다. 6일 00UTC 함경도 해안지방에 위치한 이동성 고기압의 영향을 받았으며, 이후 북쪽으로 지나는 저기압의 영향을 받았다. 8일은 동해상에 중심을 둔 저기압이 동진하였으며, 기압골은 동해로 빠져나가고 일본 본토까지 이동하였다. 이후 그 후면에서 만주 북서쪽에서 제주도 남쪽으로 이동성 고기압이 동진하였고, 북서기류에 의해 황사가 유입되었다. 우리나라는 이동성 고기압의 중심에 들어 대기가 안정한 가운데서 이동해오는 황사의 확산이 이루어지지 않고 느리게 이동하면서 상층의 황사가 하강하여 전국적으로 매우 강한 황사가 나타났다. 9일 오후에 일본으로 이동하였고 10일에 비가 오면서 황사의 영향이 완전히 사라졌다.

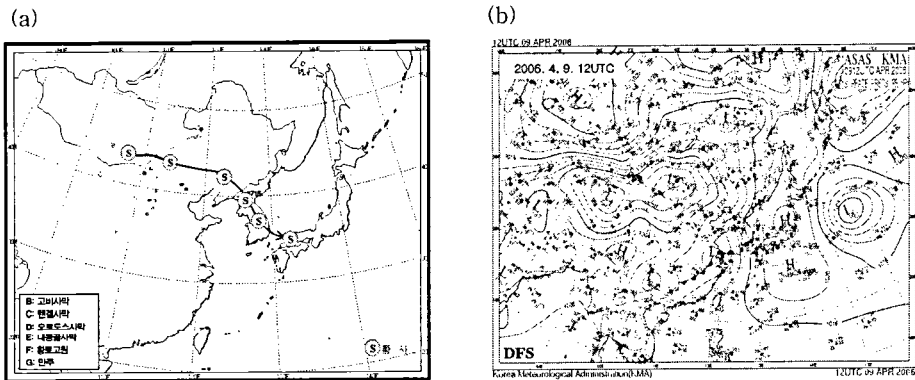


Fig. 2. Transportation path of the Asian-dust storm from 7 to 9 Apr. and surface weather chart at 21h 9 Apr. 2006.

연직속도의 시계열(850hPa) 분석 결과 경기도 인근 4개 지점(광덕산, 백령도, 관악산, 강화)에서는 4월 7일 12UTC(21KST)에 850hPa에서 하강류가 발생하였다. 4월 7일 11시 30분의 적외차 인공위성 영상분석 결과는 저기압의 중심부근의 강한 황사역이 구름과 혼재하여 적외차에 나타나지 않고, 내몽고 지역의 황사가 한반도로 유입된 것으로 나타났다. 그후 저기압이 발생하면서 형성된 강한 황사역이 북한지역을 통과하여 중부지방까지 남하한 후 저기압 중심이 동진하여 일본본토로 이동하였고, 황사역이 약화되면서 한반도에서 벗어났다(그림 3(a)). 동일 기간의 강화에서 LIDAR(DPL) 측정자료 분석결과 4월 7일 15시에 고도 2km 상공에서 에어로졸 층 존재하였고, 4월 7일 20시에 상공의 에어로졸 층이 지면으로 하강하였다. 4월 8일부터 에어로졸 층이 지면으로부터 고도 2km까지 상승하고 15시까지 지속된 것으로 나타났다(그림 3(b)).

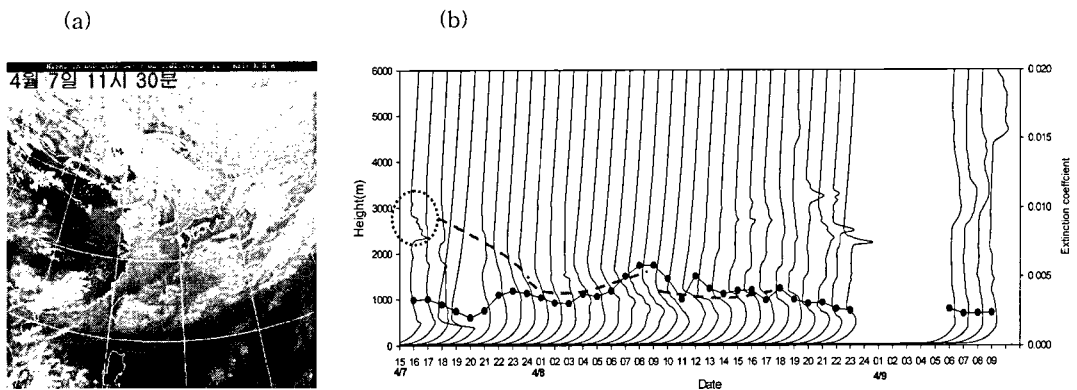


Fig. 3. Infrared Satellite Image and Vertical profile of lidar observation of the Asian-dust storm at Ganghwa-Do from 7 to 9 Apr. 2006.

그림 4는 PM₁₀ 농도 및 공간분포를 나타낸 것으로 그 분석 결과 7일 18시에서 9일까지 전국 주요도시 미세먼지 농도 분석 결과 시간 최고치가 447~2941 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준이었다. 특히, 서울 한남동(9일 01시, 2941 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 인천 계양동(9일 02시, 1825 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 강원 신북읍(9일 01시, 2110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 경북 대송면(8일 13시, 1830 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에서 타 지역 보다 높은 미세먼지 농도 수준을 보였으며, 서울지역 일부 미세먼지 농도가 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 매우 강한 황사 수준을 보였다.

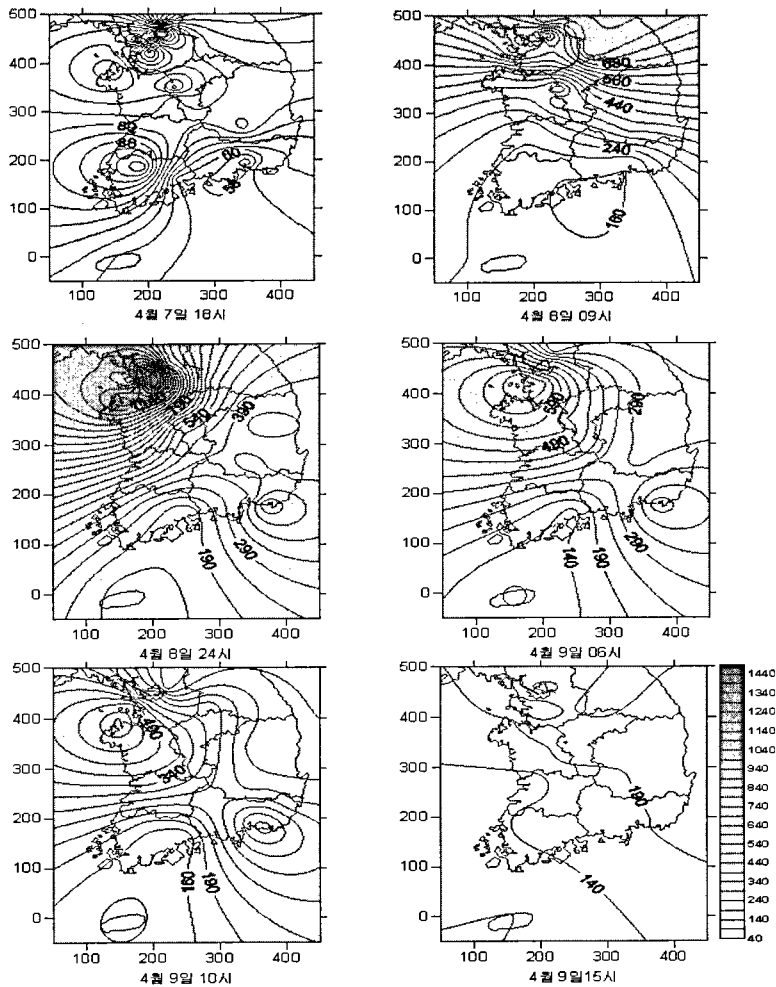


Fig. 4. Distributions of PM_{10} concentration from 7 to 9 April 2006.

3.3 황사 함유 유해물질 성분 분석

2001년, 2002년, 2004년의 3년 동안에 16개 시·도에서 측정된 중금속 자료 분석결과 황사 중 유해중금속(Pb, Cd, Ni, Cu) 농도는 비황사시의 농도와 유사하였다. 토양에서 유래한 성분(Mn, Fe)의 농도는 서울지역에서 황사시 약 2.5배로 나타났다. 2006년 4월 8일~9일 기간중 황사시의 납(Pb), 카드뮴(Cd) 등 중금속농도를 서울, 부산 등 주요 도시를 대상으로 분석한 결과, 인체 위해성이 높은 중금속인 납, 카드뮴, 크롬의 경우, 작년 4월의 평상시 농도 및 과거 황사시 농도에 비해 약간 증가하거나 감소하는 등 황사로 인한 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

사 사

본 자료는 기상청 응용기상연구실, 예보관실, 관측 황사과의 자료지원을 받아 분석이 이루어졌다.

참고문헌

- 국립환경과학원 (2006) 2006년 황사 분석 자료집.
- 기상연구소 (2006) 금년 황사 분석 자료집.