

## 우리나라의 황사 발생 현황 및 피해 영향<sup>1)</sup>

류재근<sup>2)</sup> · 박일수<sup>3)</sup>

<sup>2)</sup>충주대학교 환경공학과

<sup>3)</sup>한국의국어대학교 황사 및 장거리이동 오염물질 연구센터

### 황사 발생 현황

중국과 몽고의 사막, 황토고원, 만주 등에서 발생하는 황사는 바람을 타고 장거리를 이동하며 인근 지역에 많은 영향을 주고 있다. 중국은 물론, 한반도, 일본이 직접적인 영향권이며 1998년 4월에는 태평양을 건너 북미 서안에 도달하는 모습이 위성 촬영되면서 동북아시아 뿐 아니라 구미지역 사람 들에게도 큰 충격을 주었다.

2002년에는 우리나라에 3월 21-23일과 4월 8-10일 연이어 초대형 황사가 발생하였다. 3월 22일 새벽 3시 한남동의 미세먼지 농도는 2,266  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 이르렀고 성수동에서는 일평균이 사상 최고인 1,153  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기록하였다. 항공기와 선박의 운행이 중지되고 일부 공장의 조업이 중단되었으며 수도권과 충청권에서는 황사에 의한 건강 피해 우려 때문에 초등학교가 휴교하는 초유의 사태가 벌어졌다. 4월 8일에는 한남동에서 새벽 3시 미세먼지 농도가 3,311  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 구의동에서는 일평균이 1,510  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 상승하여

3월의 기록을 갱신하였다.

초대형 황사가 이어짐에 따라 정부에서도 대응책 마련에 노력하여 1차로 예·특보제와 감시체제를 강화하였다. 1시간 평균 미세먼지 농도가 200, 300, 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상일 때 각각 약한 황사, 보통 황사, 강한 황사로 구분하여 예보하도록 하였다. 1시간 평균 농도가 2시간 이상 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘을 것으로 예상될 때에는 주의보를, 2시간 이상 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘을 것으로 예상될 때에는 경보를 발령한다. 황사 강도에 따라 국민행동요령을 준비하여 발표하였으며, 관측망 확충과 예보 모델 활용, 위성자료 이용 기술 개발 등을 통하여 예보의 정확성을 높이는 한편, 국립환경과학원에는 황사연구단을, 기상청에는 황사연구과를 신설하여 황사피해 방지를 위한 정부의 대응을 지원토록 하였다(환경부 대기정책과 보도자료, 2007. 3. 20).

표 1은 최근 10여년간 우리나라 주요 도시의 황사 발생 횟수와 일수이다. 황사 발생 일수는 2001년이 많았으나 PM10 농도는 일평균과 함께 모두 2002년에 높았다(그림 1).

1)The Status for Impact and Occurrence of Asian Dust Storm in Korea

2)RYU, Jae Keun, Department of environmental Engineering, Chungju National University

3)PARK, Il-soo, Research Center of Asian Dust and Long-range Transboundary Air Pollutants Hankuk University of Foreign Studies

표 1. 최근 10여년간 주요 도시 황사 발생 횟수와 일수(환경부 대기정책과 보도자료, 2008. 1. 9)

연도	서울	강릉	대전	대구	전주	광주	부산
1996	1 (1일)	-	1 (1일)	3 (5일)	3 (4일)	4 (5일)	1 (2일)
1997	1 (1일)	1 (1일)	1 (1일)	1 (1일)	1 (1일)	1 (1일)	1 (1일)
1998	3 (13일)	2 (9일)	3 (14일)	2 (10일)	2 (11일)	2 (10일)	2 (7일)
1999	3 (6일)	1 (3일)	2 (5일)	2 (5일)	1 (4일)	2 (5일)	1 (4일)
2000	6 (10일)	3 (6일)	4 (9일)	5 (8일)	6 (11일)	6 (12일)	6 (9일)
2001	7 (27일)	7 (24일)	7 (24일)	8 (22일)	10 (23일)	7 (21일)	8 (21일)
2002	7 (16일)	6 (14일)	6 (15일)	5 (12일)	6 (13일)	6 (14일)	5 (11일)
2003	2 (3일)	2 (3일)	2 (2일)	2 (2일)	1 (1일)	1 (1일)	-
2004	4 (6일)	3 (5일)	6 (10일)	5 (6일)	6 (9일)	6 (9일)	4 (5일)
2005	9 (12일)	3 (5일)	5 (7일)	3 (5일)	5 (8일)	5 (9일)	2 (2일)
2006	7 (11일)	7 (13일)	6 (8일)	7 (11일)	5 (8일)	6 (13일)	6 (10일)
2007	7 (12일)	6 (13일)	5 (11일)	5 (9일)	5 (11일)	5 (10일)	2 (5일)

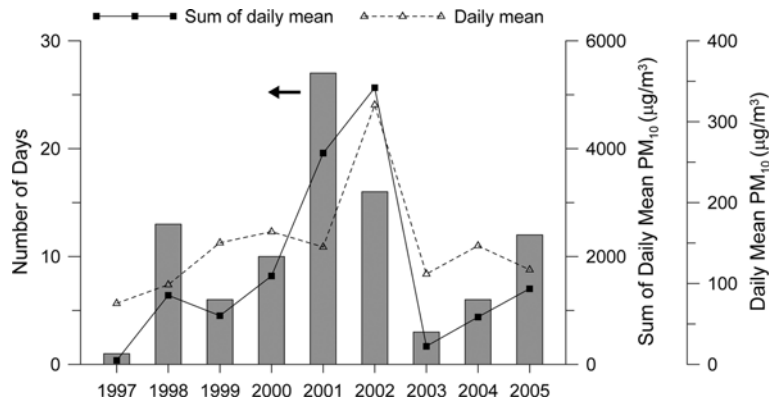


그림 1. 최근 약 10년간 서울의 황사 발생 일수, 황사 발생일의 일평균 PM<sub>10</sub> 합계와 일평균 PM<sub>10</sub>(자료 : 국립환경과학원).

2003년 황사 발생이 크게 줄었으나 이후 다시 증가하는 양상이다. 2007년에도 3월 30일부터 4월 2일 사이 강한 황사가 내습하여 서울에서는 1시간 평균 1,355 µg/m<sup>3</sup>, 울산에서는 2,718 µg/m<sup>3</sup>이 관측되었고, 5월 25일에는 전국 대부분 지역에서 동시에 황사가 관측되었다. 5월 하순 이후 전국적인 규모로 황사가 발생한 경우는 1970년 이래 처음 있는 현상이다.

그림 2는 지난 90여년간(1915-2006) 서울의 연도별, 월별 황사 일수이다. 1930년대

후반부터 1940년대 초반까지 황사 발생이 많았으며 1990년대부터 다시 증가하는 모습이다. 지난 90여년에 비하여 최근 10년의 월별 분포를 보면 3, 4월의 황사발생이 크게 증가하였고 절대일수는 많지 않으나 11월부터 2월까지 겨울 황사도 빈번하여졌다.

### 황사 피해 영향

#### 유해성분

황사의 유해오염물질이 대기질에 미치는

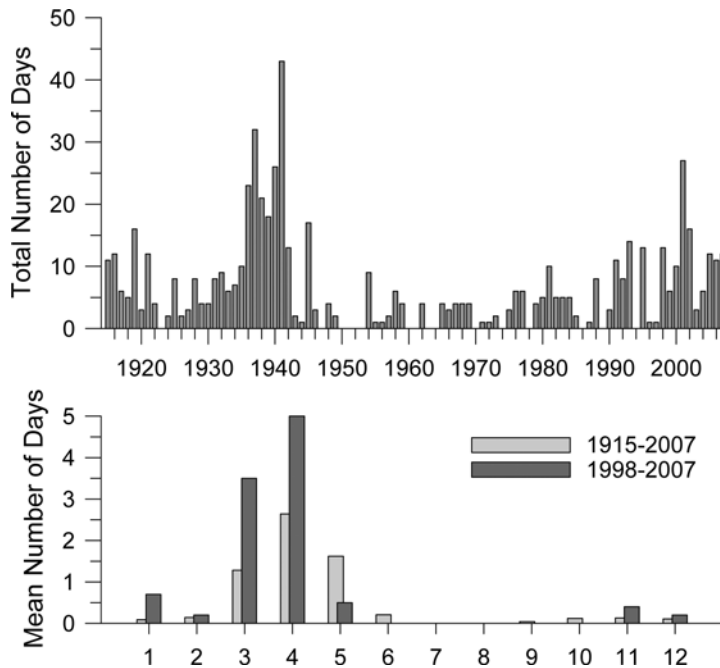


그림 2. 지난 90여년간 서울의 연도별, 월별 황사 발생 일수 (자료 : 국립기상연구소).

영향은 크게 중금속 오염과 세균구성 등 두 영역으로 나뉘어 진다. 먼저 황사의 중금속 오염이 미치는 영향은 황사의 화학적 특성과 관련되어 있으며, 대기중의 중금속 농도의 증감수치가 황사의 영향과 위해성 정도를 평가하는 기준이 된다. 황사의 화학구성 성분을 살펴보면 사막지대는 석영(규소), 황토지대는 장석(알루미늄)이 주를 이루며 철 성분도 많이 함유되어 있다(국립환경연구원, 2003).

지방 환경관리청 등에서 황사 강하시 채취한 대기 시료를 분석한 결과, 황사 시에는 화학적 구성이 일반토양에 많이 함유된 철, 망간, 니켈 등 중금속이 평상시보다 높게 측정되었다. 이는 황사를 구성하는 물질의 상당 부분이 토양에 기원을 두고 있음을 말해 준다. 그러나 인체 및 환경에 유해한 납과 카드뮴 등 유해중금속의 오염도는 뚜렷한 변화가 보이지 않았다. 이러한 사실로부터 황

사에 포함되어 있는 중금속이 대기중에 있는 납, 카드뮴 등 중금속 농도에 미치는 영향이 크지 않다는 것으로 평가할 수 있을 것이다.

농촌진흥청의 조사된 황사의 유입으로 대기중 세균, 곰팡이 등 미생물의 밀도에 미치는 영향을 살펴보면, 황사시 미생물 밀도가 급격히 증가하는 것으로 관측되었다. 황사시와 비황사시의 미생물 밀도를 비교해 보면, 수원의 대기중 세균의 밀도가 22.3배~100배 증가하였으며, 곰팡이의 농도는 2.5배~5.8배 증가한 것으로 관측되었다.

### 황사피해 현황

#### 1. 인체피해

황사로 인한 인체 피해는 황사시 대기중의 미세먼지 농도의 증가에 따른 건강피해와 황사 먼지 속에 포함되어 있는 중금속과 미생물 및 위해물질 등 대기중의 여타 오염

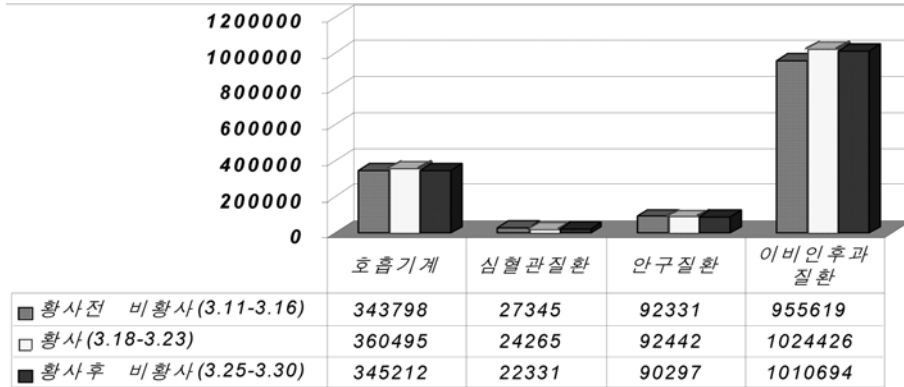


그림 3. 2002년 3월 황사발생전후기간의 질환별 진료환자수 변화 비교(자료: 추장민 등, 2003. 동북아시아의 황사피해분석 및 피해저감을 위한 지역협력방안 I, 114페이지, 한국환경정책·평가연구원 보고서).

물질의 증가에 의한 건강피해로 나눌 수 있다. 황사로 인한 건강피해는 조기사망, 질병 유발, 삶의 쾌적성 감소 등이 있다.

대량의 먼지가 인체내에 들어가면 여러 가지 건강상의 문제를 초래한다. 특히 황사가 발생하면 대기중의 미세먼지농도가 급격히 증가하게 된다. 2.5 μm 이하의 미세먼지는 입자크기가 너무 작아 가래나 기침으로 걸러지지 않기 때문에 호흡기를 통해 폐포 깊숙이 들어가 호흡기에 침적하여 기관지염, 천식 등 호흡기질환을 초래한다. 미세먼지에 유해물질이 붙어 있을 경우 위해도는 크게 증가할 수 있다. 미세먼지는 호흡기계통은 물론 눈에 들어갈 경우 자극성 결막염 등 안 질환을 일으킬 수 있다(그림 3).

## 2. 생태계 및 농업 피해

황사가 토양생태계에 미치는 주된 영향은 중금속과 관련이 있으나 대기 중 중금속 농도와 비슷하게 심각한 영향을 미치는 정도는 아닌 것으로 조사되었다. 산성토양을 중화시키고 플랑크톤에 무기염류를 제공하여 생물학적 생산력을 증대시키는 일부효과가 있다는 주장도 있으나 아직 검증된 바는 없다.

황사가 농업에 미치는 영향은 크게 4가지

로 살펴볼 수 있다. 첫째, 황사먼지는 식물 잎 표면에 침적하여 광합성 및 호흡에 영향을 주어 식물생장에 지장을 초래할 수 있다. 둘째, 시설작물의 경우 투광률 저하로 작물의 생산성을 떨어뜨리는 작용을 하는 경우도 있다. 황사 발생시 비닐하우스를 수시로 세척한 경우와 대조구를 비교한 결과, 일사량이 17% 감소함을 알 수 있다. 이에 따라 황사가 비닐하우스에 피복재 역할을 하게 되어 낙과율이 증가하고 수확량이 감소한다.

농촌진흥청에 따르면 황사가 발생하여 일사량이 감소하면 오이 수확량이 30% 정도 감소하는 것으로 예측하고 있다. 실제로 황사가 온 2002년 3월 26일 전후로 여주 등 8개 지역 15개 농가의 오이 수량을 조사한 결과 10%가 감소하였다.

또한 가축의 경우 호흡기질환의 발생으로 발육에 지장을 받을 수 있다. 2002년 황사 발생에 따른 한우의 호흡기질환 일일 발생두수를 살펴보면, 황사발생기간 보다 황사가 발생한 후 1~4일 사이에 한우의 호흡기질환 발생두수가 증가하였다.

마지막으로, 세균, 곰팡이, 바이러스 등의 미생물과 내분비계 장애물질(환경호르몬), 잔류성 유기오염물질(POPs) 등의 유해물질이

표 2. 황사발생에 따른 산업별 파급효과(피해 및 편익)

		산업	피해내용
피해발생 예상업종	항공업	비행기 결항	
	초정밀산업 (전자, 반도체)	반도체 등 생산제품 불량률 증가 공기순환 제어장치 중단 및 필터교체주기 단축	
	유통업	백화점 매출증가율 감소	
	조선업	도정공정중단으로 조업일수 증가	
	자동차	수출 차량에 대한 추가 왁스칠 비용 추가	
	기타	레저산업 매출감소 유리산업의 불량률 증가 낙농업 : 학교 휴교로 매출손실	
편익발생 예상업종	PC방 매출증대 구강청정제, 안경, 선글라스, 마스크생산업체 매출 급증 흡소핑 매출액 증가 공기 청정기 매출 증대 사막화방지 사업용 증장비 수출 황사관련 특허 출원 증가 날씨 마케팅 성장		

황사를 통해 이동·침적될 경우 농축 산업이 피해를 입을 수 있다.

### 3. 산업피해

황사는 제품의 설계, 제조, 판매, 유통 및 사용 등 제품 라이프 사이클(Life Cycle)과 각종 서비스 사업의 각각의 단계에서 영향을 미친다. 황사의 영향으로 인해 경제적 손실 등 피해를 보는 산업이 있는가 하면 황사에 대처하는 제품 수요가 늘어나 황사특수를 누리는 업종도 생겨난다. 황사로 인해 피해를 입는 업종과 편익을 취하는 업종 현황을 정리하면 표 2와 같다.

이에 따르면, 피해를 본 업종은 황사로 인해 시정거리가 짧아져서 비행기 이착륙에 지장을 초래하여 결항사태를 겪은 항공업, 먼지에 민감한 전자, 반도체 등 초정밀산업, 옥외작업이 필요한 조선업, 유리산업, 외출감소로 인한 백화점 매출감소, 학교 휴교로 급식이 중단되었던 낙농업 등을 꼽고 있다. 정밀산업(반도체, 전자 등)의 경우를 예로 들

면 황사로 인하여 불량률이 평상시보다 4배 증가하고 먼지방지필터의 교체주기가 1~6배 단축되어 설비부품 교체비용이 증가하는 등 경제적 피해가 발생했다고 한다(삼성코닝, 1997). 유통업도 백화점이나 할인점의 매출이 20%나 감소할 것으로 전망되었으며 조선업계의 경우 황사발생시 먼지바람을 피하기 위한 도장작업 일시중단으로 조업일수가 1.2% 증가하는 것으로 추정하고 있다.

이외에 업종의 특성상 레저산업이나 낙농업, 유리산업도 피해를 받을 것으로 보인다. 특히 최근에는 정밀산업 등 제품을 생산하는 2차 산업은 예방조치에 의해 피해가 감소하거나 크게 늘어나 안고 있는 반면에 레저, 스포츠 등 실외(outdoor) 서비스산업의 피해가 산업분야의 주요피해분야로 등장하고 있다. 이러한 황사먼지가 산업분야 등 각 분야에 미치는 경제적 피해에 대해 그 피해액을 추정하는 연구도 나오고 있다.

황사로 인해 매출이 증가하여 편익을 본 업종으로는 구강청정제, 안경, 선글라스, 마

스크 생산업체, 흡소핑업체, 공기청정기 제조업체 등으로 나타났다. 컴퓨터 게임 및 인터넷 서비스를 제공하는 소위 'PC방' 업종의 경우 매출이 증대하고 안경산업이나 흡소핑업체, 공기청정기, 마스크 제조업체, 세차장 등은 오히려 황사로 인해서 이득을 보는 산업이라고 할 수 있다.

황사로 인하여 외부활동이 자제되고 휴교 사태가 발생함에 따라 유통업(백화점), 낙농업(우유) 등의 매출액이 감소할 수 있다. 일반 제조업의 경우 공기(먼지)유입차장시설을 보강하거나 공기차단 필터를 교체하는 등의 황사회피시설비용이 증가할 수 있다.

#### 4. 교통, 교육 등 일상생활 피해

교통 분야에서의 황사피해는 육상, 해상 및 항공부문 교통수단의 중단 및 지연, 또는 사고의 증가로 나타난다. 우리나라에서 황사로 인한 교통 분야의 피해는 항공기 결항 등 항공부문에서 발생하고 있다. 황사가 항공운항에 미치는 경제적 피해는 항공운송 관련 산업의 매출액 감소 등 직접적 피해에 해당하는 사업별 매출손실과 항공기 이용객의 시간손실, 물류비용의 증가, 관광산업 등 항공기 이용객 및 관련 산업에 미친 간접적인 영향은 2차적인 경제적 피해로 나눌 수 있다. 국내선을 운항하는 김포 등 8개 공항을 대

상으로 2002년 황사 시 황사로 인하여 발생한 항공기 결항사태를 조사하고, 이에 근거하여 항공운송산업에 직접적인 매출손실을 추정한 결과, 2002년 황사로 인인 시정악화로 총 102편의 국내선 항공기가 결항했으며, 항공운송산업(항공사, 공항운영업체, 항공기 취급업체)가 입은 직접적인 매출손실은 약 5억8천만으로, 항공기 1편 결항 시 매출손실은 약 5백6십7만원으로 추정되었다.

한편 강력한 황사의 발생은 학교 휴업 등 교육 분야에서의 피해도 발생시키고, 이로 인한 자녀보호와 같은 가사노동의 발생 등 일련의 사회적 연쇄파급 효과가 발생한다. 2002년의 경우, 전국적으로 유치원 1694개교, 초등학교 3717개교, 중학교 24개교 등 총 5435개교가 휴업 또는 단축수업을 실시한 것으로 조사되었다.

### 참고문헌

- 김영성 등(한국외국어대학교), 2008. 발원지의 황사 발생기구 및 이동경로별 황사 발생 특성 연구. 국립환경과학원, 345pp.
- 추장민 등(한국환경정책.평가연구원), 2007. 황사 피해 방지 종합대책 수립에 따른 연구. 환경부, 165pp.