

국내 황사발생과 황사대비 행동요령

백 민 호 (행정자치부 국립방재연구소 연구관)

안 재 찬 (행정자치부 국립방재연구소 연구원)

1. 서론

올해도 황사피해가 크리라는 우려의 목소리가 높다. 우리나라에서는 지난 2002년 3월에 사상 최악의 황사가 몰아닥쳐 서울을 비롯한 전국 대부분의 지역이 누런 안개에 잠기고 길거리 노점상과 상인들은 장사를 포기해야 했고, 지방공항(여수와 울산, 포항, 목포, 부산, 속초 공항 등)에서 김포공항을 오가는 왕복 70여 편의 국내선 항공편이 결항되었다. 먼지에 노출되면 불량률이 높아지는 반도체 등 전자제품 생산라인도 불안에 떨었고, 호흡기 환자가 2배 이상 급증하는 등 피해가 속출했었다.

또한 같은해 4월의 황사로 서울지역의 미세먼지 농도가 연간 환경기준의 30배까지 치솟는 등 사상 최악의 황사가 전국을 강타하면서 환경부에 따르면 서울의 시간당 미세 먼지 최고 농도가 $2,070\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기록, 연평균 환경기준($70\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 30배에 달했다. 이에 따라 가시거리도 강릉은 0.3km, 철원은 0.8km에 불과했으며 서울도 1.2km로 짧아져 평소(12~13km)의 10분의1로 푹 떨어지는 문제가 발생 했었다.

황사는 삼국시대 역사기록에서도 발견되는 아주 오래된 자연적인 기후현상이지만, 현재에 들어와서는 자연적인 현상 외에도 기후변화에 따른 가뭄의 빈발, 황사 발원지대(중국, 몽고)의 사막화 증대, 과잉 방목에 따른 초지의 사막화 등에 의한 인위적인 요인에 의해 황사현상이 더 빈발하게 발생하고 있다.

따라서 이 글에서는 국내 황사 발생 현황과 대응을 주제로 하여 황사의 개요, 황사 발생현황 및 특성, 황

사의 피해 및 행동요령을 서술함으로써 향후 일어날 수 있는 황사에 대한 경각심과 행동지침 숙지 등을 고취시켜 황사에 대한 피해를 저감시킬 수 있었으면 한다.

2. 황사의 개요

2.1 황사의 정의 및 역사

황사는 중국 북부의 건조한 황토지대로부터 먼지와 같은 세립질의 모래나 점토가 강한 바람에 의하여 고공으로 솟아 오른 후 넓게 퍼져흐르다가, 상층의 편서풍에 의해 우리나라로 서서히 이동, 하강하는 자연현상으로서 사전적 의미는 “봄·초여름에 보이는 누런 모래 바람 - 중국내륙의 지표가 바람에 의해 교란되어 모래가 높이 올라가 편서풍을 따라 한국·일본·타이완 등에 까지 날아감”으로 기술되어 있다.

이러한 현상은 최근의 일이 아닌, 아주 오래된 자연적인 기후현상으로서 황사가 비에 젖어 내리면 황우(黃雨), 눈에 섞어 내리면 적설(赤雪), 안개에 섞이면 황무(黃霧)라 하여 삼국시대 이래 고문헌을 통해 기록되고 있다.

신라 아달왕때(서기 174년)의 ‘우토(雨土)’, 고구려 보장왕대(서기 644년) 음력 10월의 ‘붉은 눈’, 고려시대에는 ‘매(雨狸) 또는 ‘토우(土雨)’, 조선 명종(1549년)의 ‘흙비’ 라는 어구로 황사에 대한 기록과 함께 부연설명을 하고 있다.

조선시대에는 「한양에 흠비가 내렸다. 전라도 전주와 남원에는 비가 내린 뒤에 연기 같은 안개가 사방에 짙 깔렸으며 기와와 풀과 나무마다 누렇게 흰 빛깔이 묻었는데 쓸면 먼지가 되고 흔들면 날아 흩어졌다(명종 5년 3월 22일)., 「강원도에 3월 그믐부터 3일 동안 계속 토우가 내려 옷에 묻으면 황색을 이루는데 빨면 혼탁한 황톳물이었으며 밤낮으로 안개가 끼어 어두웠다. 평안도에서는 3월 19일에 눈이 내렸고 구성, 강서 등지는 토우가 내려 초목을 적시니 모두 황색이더라(숙종 7년 4월 7일).」라고 상세히 기술하고 있다.

현재 사용하고 있는 황사(黃砂)라는 말은 1915년 '기상월보원부'에서 처음으로 사용하였으며, 기상청에서는 1954년부터 사용하여 현재까지 계속 사용하고 있다.

2.2 황사의 발원지 및 이동경로

황사를 영어로 번역하면 '아시아 먼지(Asian Dust)'로서 황사현상은 '수천만년 동안 히말라야와

티베트고원이 치솟으면서 중국 북부 지역이 건조해져 나타난 현상'이라고 알려져 있다.

인도대륙판이 아시아 대륙판에 충돌해 히말라야 산맥과 티베트 고원이 융기하면서 시작된 중국 내륙의 사막화는 다음 그림 1처럼 그 확장세를 더 키우고 있는 실정이다.

황사의 최대발원지는 동서로 2,000km, 남북으로 600km에 이르는 중앙아시아의 거대한 '모래바다' 타클라마칸(Takla Makan)사막이다. 그러나 타클라마칸에서 발생하는 황사는 중국 서부지방과 중부지방에서 굽은 입자들은 모두 떨어지고 동부지방에 이르면 작은 입자의 대부분이 땅으로 가라앉아 우리나라에 대한 영향은 미미한 수준인 경우가 대부분이라고 중국학자들은 말한다.

최근의 연구결과에 따르면 한국에 피해를 많이 주는 지역은 네이멍구 고원이라 한다. 황사의 새로운 발원지 네이멍구 고원은 고도 1,000m에 달하는 고원 지대여서 황사가 바람을 탈 경우 한반도에 큰 영향을 주고 있다. 중국의 급속한 산업화 및 산림개발로 토



그림 1. 중국대륙의 사막화

출처) 시사저널, 652호, 2002년 4월

양유실과 함께 사막지역이 빠르게 확장되어져 현재 사막화 면적은 1960년대 이전 1,560km², 1980년대 2,100km²에 이어 현재에는 서울면적의 4배에 이르는 2,460km²로서 고비(자갈과 모래가 섞인 토양)와 모래밭으로 바뀌어 생명력을 잃은 지역이 드러나고 있다.

발원지에서 우리나라까지 이동시간 및 이동고도는 상층기류의 고도에 따라 다르나 평균적으로 우리나라에 떨어지는 황사는 약 1~5일 전에 황사 발원지에서 떠오른 것이다. 황사 발원지의 면적은 사막이 48만 km², 황토고원 30만km²에 인근 모래땅까지 합하면 한반도 면적의 약 4배나 된다. 이 황사 발원지는 가깝게는 만주(거리 약 5백km)에서부터 멀리는 타클라마칸 사막(거리 약 5천km)에까지 분포하므로 어디에서 발원된 황사인지에 따라 이동시간이 달라지고, 또 상층바람의 속도에 따라 우리나라에 도달하는 시간이 달라진다.

황사가 발생될 때 보통 북위 25~40도 지역이 황사의 가장 큰 영향을 받으며, 황해를 포함한 동중국해가 황사의 영향을 직접적으로 받으며, 그 중 10~30%정도가 우리나라에 영향을 미친다고 한다.

2.3 황사발생조건

황사의 주요발원지가 되는 지리적, 기후적 특성을 살펴보면 적은 강수량, 건조한 환경에 강한 풍속, 먼지를 부양시킬 수 있는 상승류의 존재 등의 황사 발생을 위한 최적의 환경이 조성되는 지역으로, 특히 해양과 멀리 떨어져 고온 건조하고, 강수량이 낮은 중국의 서북건조지역은 황사 발생이 빈번할 수밖에 없다.

중국이 황사의 주요발원지가 되는 원인은 지리적, 기후적인 특성과 직결되며, 황사가 발생하기 위해서는 강수량이 적고 증발이 잘 되는 건조한 환경에 풍속이 강하고 먼지를 부양시킬 수 있는 상승류가 있어야 한다.

중국은 바로 이러한 황사 발생을 위한 최적의 환경이 조성되는 지역으로, 특히 해양과 멀리 떨어져 고온 건조하고, 강수량이 낮은 중국의 서북건조지역은 황사 발생이 빈번할 수밖에 없다.

얼었던 건조한 토양이 잘 부서져 부유하기 쉬운 20 μ m 이하 크기의 모래먼지가 많이 생성되는 봄철에 많이 발생하는 황사는 우리나라에 피해를 미칠 수 있는 기상조건은 살펴보면 다음과 같다.

발원지에서의 먼지 배출량이 많아야 하고, 발원지 부근에서 강한 상승기류(강한 저기압)가 존재하여야 한다. 또한, 발원지로부터 황사가 이동해 올 수 있도록 약 5.5km 고도의 편서풍 기류가 우리나라를 통과하여야 하며, 상공에 부유 중인 황사가 우리나라 지표면에 낙하하려면 고기압이 위치하여 하강기류가 발생하여야 한다.

3. 황사 발생현황 및 특성

3.1 연도별 발생현황

기상청 자료에 따르면 1961년 이후 서울에서 황사 현상이 발생한 것은 총 78회 200일에 달한다. 1960년대 12회 22일에 불과했던 황사는 1970년대까지만 해도 11회 28일로 소폭 증가하는데 머물렀으나 1980년대 17회 39일, 1990년대 29회 77일로 급증했다.

표 1. 서울지역의 연도별 황사발생 현황

년 도	계	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
일 수	98	3	11	8	14	0	13	1	1	13	6	10	25
횟 수	34	1	3	3	5	0	4	1	1	3	3	6	4

주)기상청

2001년에는 한 해 동안 무려 27일나 황사가 발생했다. 이를 살펴보면 현재의 황사 발생빈도가 빠른 증가추세에 있으며, 최근 황사가 급속도로 늘고 있다는 것을 추정할 수 있다.

3.2 황사의 물리·화학적 특성

미세입자는 발원지에 따라 크기가 다르나, 20 μm 이

하의 입자는 부유하여 상층까지 올라가 우리나라에 영향을 미친다. 우리나라에 관측되는 황사의 크기는 1~10 μm 범위이며, 3 μm 내외의 입자가 가장 많다. 황사 발생시 먼지농도(서울, 2001, 시간최고농도 473~999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)는 평상시(서울 2000년 평균 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 보다 7~14배 높게 나타나며, 환경부에서 발표한 황사시('02. 4월, 3월) 중금속 측정결과는 표 2와 같다.

이번에 분석한 황사 중 중금속 분석결과를 보면,

표 2. 황사시('02. 3월, 4월) 중금속 측정결과

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분		Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
서울	'02.3월 황사(3.18~22)	0.0519	0.0036	0.0456	0.1376	0.4493	10.1260	0.0361
	'01 황사(황사시 평균)	0.0852	0.0019	0.0132	0.2207	0.1500	4.9092	0.0209
	'01 평균	0.0915	0.0029	0.0175	0.1912	0.0739	2.6554	0.0188
부산	'02.4월 황사	0.0618	0.0051	0.0193	0.2787	0.2675	9.9821	0.0213
	'02.3월 황사	0.0558	0.0014	0.0229	0.2619	0.3378	12.9300	0.0254
	'01 황사	0.0845	0.0023	0.0083	0.1985	0.1205	2.6833	0.0091
	'01 평균	0.0698	0.0025	0.0116	0.2078	0.0648	1.4150	0.0105
대구	'02.4월 황사	0.0396	0.0026	0.0381	0.9437	0.4178	11.2092	0.0069
	'02.3월 황사	0.0636	0.0028	0.0413	1.3191	0.4906	14.1989	0.0237
	'01 황사	0.0258	0.0008	0.0031	0.1181	0.0754	2.1158	0.0044
	'01 평균	0.0515	0.0022	0.0080	0.2692	0.0429	1.3577	0.0132
광주	'02.4월 황사	0.0477	0.0013	0.0054	0.2191	0.4434	0.4718	0.0089
	'02.3월 황사	0.0841	0.0020	0.0072	0.2784	0.3792	9.0707	0.0115
	'01 황사	0.0595	0.0022	0.0035	0.1464	0.1149	1.8251	0.0062
	'01 평균	0.0347	0.0014	0.0064	0.1902	0.0453	0.9833	0.0069
대전	'02.4월 황사	0.0423	0.0013	0.0060	0.2510	0.4238	3.1235	0.0041
	'02.3월 황사	0.0438	0.0017	0.0017	0.1977	0.2530	1.1337	0.0032
	'01 황사	0.0933	0.0019	0.0048	0.2447	0.1150	0.8281	0.0078
	'01 평균	0.0595	0.0010	0.0034	0.0590	0.0268	0.5270	0.0067
울산	'02.4월 황사	0.0816	0.0035	0.0180	0.3339	0.4213	12.2375	0.0218
	'02.3월 황사	0.0496	0.0016	0.0248	0.2072	0.3270	8.5976	0.0252
	'01 황사	0.0861	0.0113	0.0113	0.3817	0.1219	2.0691	0.0173
	'01 평균	0.0565	0.0119	0.0108	0.2017	0.0488	0.9321	0.0101
인천	'02.4월 황사	0.0980	0.0097	0.0290	0.1390	0.4878	12.5975	0.0299
	'02.3월 황사	0.0992	0.0045	0.0224	0.1572	0.5383	12.4099	0.0317
	'01 황사	0.1441	0.0070	0.0144	0.2186	0.2101	5.6904	0.0173
	'01 평균	0.1290	0.0062	0.0107	0.2184	0.0981	2.4918	0.0143

출처) 환경부

※ 주 1) 납(Pb)의 대기 중 국가환경기준은 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ·년
 주 2) 서울지역은 '02. 4월 황사 분석 중.

납, 카드뮴 등 인체 유해성이 큰 중금속 성분은 평상 시와 비슷한 수준인 반면 철, 망간 등 토양에 많이 포함된 중금속은 높게 나타나는 등 황사 중 중금속 성분의 일반적인 경향을 그대로 보여주고 있다. 특히 망간, 철 오염도가 '01년 황사 시에 비해 최고 6배 이상 높게 나타났는데, 이는 예년에 비해 황사 중 미세먼지 오염도가 크게 증가한 것에 기인하는 것으로 추정된다(환경부).

4. 황사의 피해 및 행동요령

4.1 황사의 피해

황사는 강수나 토양 등을 중화, 식물과 해양 플랑크톤에 유기염류 제공 등의 순기능도 있는 것으로 밝혀졌지만, 그 피해가 실로 다양하게 발생되어 황사에 대한 피해를 계량화할 수 없지만, 유무형의 피해가 발생되고 있다.

인간에게 미치는 피해로서 시정장애와 호흡기, 눈 장애 등을 유발한다. 황사는 크기가 10 μ m 이하인 입자들로 햇빛을 산란, 흡수하게 되므로 하늘이 뿌옇게 보여 시정을 악화시키며, 미세입자(입자크기 2.5 μ m 이하)가 많기 때문에 호흡기에 침착되거나 눈에 들어가 기관지염, 천식, 안질 등의 질환을 일으킬 수 있다. 1995~1998년까지 황사발생일과 평일의 서울 주민사망률을 조사한 의학계의 연구결과에 따르면 황사가 발생했을 때 사망률이 1.7% 심혈관 호흡기 질환으로 인한 사망률이 4.1% 늘어날 것으로 밝혀졌다(신동아, 2002. 5).

가축과 원예작물들의 피해로서 바이러스에 의한 가축의 질병, 원예작물의 성장률 및 생산물 감소 등의 피해로 다가온다. 황사가 지나간 후 가축의 질병 발생과 원예작물 비닐하우스 시설 내에서 빛의 투과율 감소로 인해 성장률의 감소, 가하는 비올유무와 가축의 바이러스 질환으로 인해 질병 발생 및 오이의 경우 줄기가 하루에 약 15~20cm 정도 웃자라게 되어 오이 수량을 감소시키며, 호박은 수정불량으로 낙과율이 늘어나 수량감소가 예상된다고 밝힌 바 있다(원예연구소, 2002. 3).

또한 황사 입자 등은 정밀기기의 가동부에 흡입되어 오동작할 우려가 있어 반도체 공장과 전자업체가 큰 피해를 입을 수 있으며, 미세한 입자가 쌓여 자동차의 여러 부품들이 손상되거나 제 기능을 다하지 못해 성능이 떨어질 수 있다.

4.2 황사대비 행동요령

서울, 경기지역과 서해안지역은 황사의 영향력이 더욱더 확대됨에 따라 정부에서는 황사 관련 예·경보 기능을 기상청으로 일원화하도록 조정하였고, 황사경보제 운영체계 개선과 더불어 황사특보 발령기준 및 행동요령(표3, 표4)을 발표하였으며, 또한 황사 대국민 홍보용 비디오를 국립방재연구소에서 제작·배포하여 국민의 경각심 제고와 행동요령을 전파함으로써 피해 최소화에 대비한 적극적인 노력을 하고 있다.

이러한 노력과 더불어 국민들 또한 국민행동요령에 따라 가정에서는 창문 개폐 여부, 외출 시 주의사항, 위생관리 등을, 학교 등 교육기관에서는 각 황사특보 발령기준에 따라 학생 보호조치 등을, 축산·시

표 3. 기상청 황사특보 발령기준(기상청 기상홍보과, 2002)

황사정보	황사주의보	황사경보
황사로 인해 1시간 평균 미세먼지 농도 300 μ g/m ³ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지 농도 500 μ g/m ³ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지 농도 1000 μ g/m ³ 이상이 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때

※ 기상업무법 제 13조 동법 시행령 제 6조 2항에 특보는 주의보와 경보로 구분하여 행함

표 4. 황사대비 국민행동요령

구 분	행 동 요 령	
가 정	황사 발생 전	<ul style="list-style-type: none"> • 황사가 실내로 들어오지 못하도록 창문 등을 점검 • 외출 시 필요한 보호안경, 마스크, 긴소매의복, 위생용기 등을 준비
	황사 발생 중	<ul style="list-style-type: none"> • 창문을 닫고 가급적 외출 금지, 외출 시 보호안경, 마스크 착용 • 황사에 노출된 채소, 과일 등 농수산물물은 충분히 세척후 섭취 • 식품가공, 조리시 철저한 손 씻기 등 위생관리로 2차 오염 방지
	황사 발생 후	<ul style="list-style-type: none"> • 실내공기의 환기 및 황사에 노출된 물품 등은 세척후 사용
학교 등 교육기관	황사 발생 전	<ul style="list-style-type: none"> • 지역설정에 적절한 학생 보호조치강구(실내활동, 휴업·단축수업 등) • 황사대비 행동요령 지도 및 홍보 실시
	황사 발생 중	<ul style="list-style-type: none"> • 유치원과 초등학교의 실외활동 금지 및 수업단축 및 휴업
	황사 발생 후	<ul style="list-style-type: none"> • 학교 실·내외 방역 및 청소, 감기·안질 등 환자는 쉬게 하거나 일직 귀가조치
축산·시설원에 등 농가	황사 발생 전	<ul style="list-style-type: none"> • 운동장 및 방목장에 있는 가축 대피 준비 • 노지에 방치, 야적된 사료용 벧집 등에 대한 피복물 준비 • 동력분무기 등 황사세척용 장비 점검·정비 • 비닐하우스, 온실 등 시설물의 출입문 및 환기창 점검
	황사 발생 중	<ul style="list-style-type: none"> • 방목장의 가축은 축사안으로 신속히 대피시켜 황사 노출 방지 • 축사의 출입문을 닫고 외부 공기와 접촉을 가능한 적게 할 것 • 노지에 방치·야적된 사료용 건조, 벧집 등을 비닐, 천막 등으로 덮기
	황사 발생 후	<ul style="list-style-type: none"> • 축사, 방목장 사료조 및 가축과 접촉되는 기구류 등은 세척 및 소독 • 황사에 노출된 가축은 황사를 털어낸 후 구연산소독제 등으로 분무소독 • 황사가 끝난 후 2주일정도 질병의 발생유무 관찰 • 구지역 증상과 유사한 병든 가축 발견시 신고(1588-4060)

출처) 행정자치부 중앙재해대책본부

설 원에 등 농가시설에서는 가축이나 시설원에 등이 황사에 노출되지 않도록 구체적 방안 등을 강구함은 물론 신속하게 대처하여 피해를 최소화하는 것이 중요하다.

5. 결론

황사문제의 심각성은 중국을 중심으로 한 동아시아의 문제만이 아니다. 지난 98년과 2001년 중국 고비사막에서 발생한 황사가 태평양을 건너 미국 서해안에 이른 것을 계기로 하여, 전 세계가 황사에 대한 경각심을 새삼 고취하게 된 것이다.

국가간 황사에 대한 연구와 대책마련을 위한 상호 협력에 나섰다. 대표적으로, 미국 영국 등 12개국이

참여하여 황사의 세계 기후에 대한 영향을 규명하는 연구를 시작했으며, 2001년 3월 제2차 한·중·일 환경회의가 개최되어 황사방지를 위한 공동사업추진 등 3국 환경 협력 발전방안에 관해 논의가 이루어졌다.

국내적으로도 황사에 대한 관측은 물론 정부와 국민의 협조 하에 황사에 대한 심각성을 재고하고, 다함께 대비해야 한다는 움직임이 점점 커져가고 있다.

정부의 각 부처에서도 황사에 관한 대국민 계도를 시작으로, 본격적인 황사대비에 나섰다. 행정자치부는 재해대책본부를 중심으로 각 분야에서 황사로 인해 벌어질 수 있는 재해 상황에 대처하기 위한 노력을 기울이고 있으며, 교육인적자원부, 농림수산부 등 각 부처에서도 국민들의 황사피해를 막기 위하여 꾸준한 대책 마련을 준비 중에 있다.

하지만, 모든 자연재해에 대해 그렇듯이, 황사에



있어서도 국민의 선행된 노력이 가장 값진 결과를 가져올 수 있다. 우리나라의 황사는 발원지인 중국과 달리, 국민들이 적절한 대비책과 행동지침을 숙지하고 있다면 큰 피해를 입는 일은 막을 수 있을 것이다.

참고문헌

- 기상청, www.kma.go.kr
 농촌진흥청 원예연구소, www.nhri.go.kr
 시사저널, 황사피해 줄일 비책 있다. 2002. 4. 625호
 원동욱, 중국 황사문제와 동북아 환경 협력의 문제, 환경과 생명, pp.188~207, 2001, 여름
 월간 신동아, 황사대재앙, 통권 512호, pp.282~297, 2002. 5
 중앙일보, www Joins.com
 조선일보, www Chosun.com
 조선왕조실록 CD
 한국수자원환경신문사, www Wateris.co.kr
 환경부, www Me.go.kr, 황사의 영향과 대책, 2002
 행정자치부, www Mogaha.go.kr