



황사현상에서 본 한국에서의 오염물질의 장거리수송

이 민희 / 환경동우회

1. 서론

한국에 있어서의 황사현상에 관한 사례를 보면 B. C 479년(신라시대) 어느 봄날의 하늘색이 붉었다는 기록이 있으며, 그 후 B. C 584년 3월(신라시대)에도 하늘이 흰 것으로 관측되었으며, A. D 1834년 3월(이조시대)에는 황색 강우와 적색 강설이 있었다는 기록 등에 따르면 황사현상은 고대로부터 우리나라에 영향을 미쳤을 가능성이 있었음을 시사하고 있는 것 같다. 그 후 기상관측이 시작되면서부터 황사현상에 관한 목시적 관측에 따른 기록이 있을 뿐 충분한 자료가 없는 실정이다.

이와 같이 황사현상에 관한 기록은 있었음에도 불구하고 이에 관한 연구가 이루어지지 않고 있던 중 1982년부터 황사현상시의 분진농도를 정량적으로 관측하기 시작하였다. 또한 1988년부터 황사입자의 특성을 구명키 위하여 황사현상시의 분진성분을 분석하고 그 화학적 조성을 제시하고 있다.

그 외 황사현상시 강수현상도 동시에 발생하여 이때의 우수를 채취 그 성분을 분석하였으며 황사현상시의 황사입자의 수송과 더불어 가스상 물질도 기류에 편승

하여 이동될 가능성이 있을 것으로 추정하여 1990년부터 이에 관한 연구도 진행시키고 있다. 이와 같은 연구실정에서 본고에서는 필자가 근 10년간에 걸쳐 황사현상시의 입자상 물질과 가스상 물질의 동태 및 그 특성을 연구 검토하였기에 이 결과를 이에 기술기로 한다.

2. 황사현상

2.1 황토지대

황사현상이라고 하는 것은 봄에 황토지대(Loess region)에서 한랭전선의 강한 서풍에 의해 우리나라 상공을 지나면서 황사입자가 서서히 하강하는 현상을 말하는데 황사현상이 심하면 하늘이 황갈색이 되고 태양의 빛이 현저히 줄어들고 노출된 지표면이나 건물 등에 황사입자가 쌓이게 된다.

이와 같은 황사현상의 원인이 되는 황토의 분포는 광대한 지역을 차지하고 있는 중국의 황토지대를 비롯하여 Europe 북미, 남미 등에 분포되어 있으며 이밖에도 세계각지에 소지역으로 산재되어 있는 것으로 알려져 있다.

2.2 황사의 발원지 추정

한국에 있어 매년 3~5월에 목시적으로 관측되어지는 황사현상의 발원지를 추정하는 방법으로는 위성탐사, Lidar에 의한 관측과 황사현상시의 분진을 지상에서 채취 그 화학적 조성을 분석, 그 특성을 검토하는 외 기상자료 등의 해석을 통한 방법이 있을 수 있다.

이리하여 본 연구에서는 황사현상이 출현된 기간중 (1988년4월과 1990년4월)의 기상관측 자료에 의해 황사의 발원지를 추정한 사례를 보면,

(1) 1988년 4월

①4월 10일 한랭한 1002mb의 저기압이 Mongolia의 남부를 통과할 때 천산산맥 동부에 중심을 둔 1040mb의 고기압에 의해 Gobi사막 서부에 북북서돌풍이 일기 시작하면서 황사현상이 발생하였다. 이 황사운은 11일 북경과 12일에는 산둥반도를 걸쳐 화남지방까지 이동하였다. 13일에는 황사운은 한반도의 대부분과 일본의 일부지역과 Hong Kong까지 확장되었다.

이와 같이 황사운은 4월10일 발원지를 떠나 13일 한국, 일본의 Okinawa섬까지 2,100~2,800km의 거리를 3일에 운반되어 1일 이동거리는 700km 이상이였다.

②4월 15일 Altai 산맥 풍하측에서 발생한 저기압으로 Dzunjaria의 분지에서 황사현상을 발생 시켜 18일에 한반도까지 이동하였으며 이때의 북서기류가 한반도에 유입되고 있었다.

③4월 19일~23일까지 황사현상은 계속되었고 특히 21일 황사현상의 출현은 한반도의 전역은 물론 중국의 산둥반도와 북경지역에도 출현되었다. 이때 황사로 인하여 북경 국제공항이 폐쇄된 것으로 알려져 있다. 이때 북서~서북서 기류가 한반도에 유입되고 있었다.

(2) 1990년 4월

6일에 Mongolia 남부에 중심을 둔 저기압이 발달하기 시작하여 7일에 Gobi사막 북동부에 강한 바람을 동반한 저기압이 형성되면서 황사현상이 발생하였다. 이때 기류를 타고 이동한 황사운은 8일 오전부터 한반도 중부지방에 나타났다.

그후 양자강 부근과 북태평양으로부터 확장된 고기압에 의해 10일 아침에 소멸되었다.

3. 황사의 관측

3.1 기상개황

황사현상의 발생여부는 기상예보에서 확인하였고 황사현상발생일시의 기상상태를 표1에 나타냈다. 표1에서 보는 것처럼 주풍향은 편서풍이고 풍속은 1.1~7.6 m/sec였다. 황사현상은 3~5월사이에 발생되며 발생 빈도는 4월이 가장 많다.

3.2 황사시의 분진 및 성분농도

(1) High Volume Air Sampler에 의한 분진측정 그림 1의 우측은 황사시(1990년4월) 좌측은 비황사시에 채취한 분진시료이다. 그림 1에서 보는 것처럼의 관상 분진의 특성을 알 수가 있다.

표 2은 황사현상시(1998년4월과 1990년 4월)의 중요도시에서의 분진농도를 나타낸 것이다. 표 2에서 보는 것처럼 전국적 평균으로 보아 황사시분진농도는 비황사시에 비해 2.9~3.7배 높게 측정되었다.

분석원소는 Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn의 13원소이다.

분석결과 전체 평균으로 황사시의 원소 농도가 높게 측정되었고 특히 토양으로 유래되는 Al, Ca, Fe, Mg, Mn 등의 원소농도는 황사현상시에 급상승하였다. 수용성성분(SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , F^- , NH_4^+)을 측정하였던 바 SO_4^{2-} , Cl^- 이온 성분을 제외한 NO_3^- , F^- , NH_4^+ 이온 성분은 황사시가 비황사시에 비해 1.6~1.9배정도 높게 측정되었다.

이와 같은 황사현상이 발생된 기간중에 환경대기중 부유분진농도와 토양기원원소들이 전국적으로 특이적 고농도로 나타나는 것은 황사의 발원지인 Asia 대륙에 인접되어 있다는 지리적 요인으로 다른 나라에 비해 우리나라가 그 영향이 큰 것으로 본다.

(2) Andersen Air Sampler에 의한 부유분진측정 그림 2의 우측은 황사시(1990년 4월) 좌측은 비황사시에 채취한 부유분진시료이다.

표3은 입도별로 채취된 시료를 2 μ m 이상을 조대입자 그 이하는 미소입자로 구분하여 나타낸 것이다. 표 3에서 1982~1985년까지의 분진농도는 황사현상이 출현한 시간대(표 1참조)를 포함한 시료를 5일간 채취한 것이고 1988년과 1990년 시료는 황사현상이 현저하였던 시간대(표 1참조)만의 분진농도를 나타낸 것이다. 표 3에서 보는 것처럼 황사시 조대입자 농도는 비황사시에 비해 2~4.4배 미소입자는 0.7~2.8배로 높게

<Table 1>Yearly Meteorological Conditions Form 1982 to 1990 During Yellow Sand Period.

Year	Month	Day	Duration time	Ave temp (°C)	R.H(%)	W.S m/sec	WD
1982	March	17	10 : 20~18 : 00	2.8	84	1.6	WNW
		25	09 : 30~19 : 00	3.1	36	3.6	W
1983	April	2	09 : 25~15 : 30	6.3	61	5.4	W
		29	08 : 10~12 : 10	9.4	61.3	7.6	SW
		30	10 : 50~21 : 40	10.8	55.5	5.1	SW
	May	2	16 : 30~19 : 20	13.1	67.3	3.1	WSW
		3	09 : 20~12 : 50	16.5	56.3	1.8	WSW
1984	March	16	10 : 20~24 : 00	4.3	66.3	4.9	W
		17	03 : 00~18 : 30	2.6	59.3	5.0	W
	April	6	05 : 20~18 : 40	3.7	42	3.8	SW
		14	15 : 35~17 : 20	16.9	63.3	2.3	W
	May	1	07 : 10~19 : 40	11.4	64.3	4.1	WNW
1985	March	28	13 : 00~24 : 00	4.8	76.3	3.3	SW
		29	03 : 00~16 : 10	2.9	53.0	4.1	W
1986	-	-	-	-	-	-	-
1987	March	25	09 : 50~18 : 20	3.2	72	6.4	WNW
1988	April	13	10 : 35~24 : 00	10.1	62	4.4	SW
		14	{ 00 : 00~03 : 00 13 : 45~17 : 20 }	8.7	50	4.1	W
		18	13 : 25~24 : 00	9.0	63	5.0	WNW
		19	{ 00 : 00~06 : 30 13 : 40~19 : 27 }	7.6	57	4.0	NW
		20	17 : 20~24 : 00	10.6	54	2.9	NW
		21	00 : 00~24 : 00	10.2	45	4.0	WNW
		22	00 : 00~24 : 00	8.9	47	4.6	W
		23	00 : 20~04 : 30	9.4	60	2.4	NW
		1989	-	-	-	-	-
1990	April	8	05 : 30~24 : 00	9.0	52.8	2.1	W
		9	00 : 00~24 : 00	11.7	66.5	2.9	SW
		10	00 : 00~05 : 30	14.9	49.5	1.1	W
		26	06 : 35~09 : 50	10.4	34	3.7	WNW

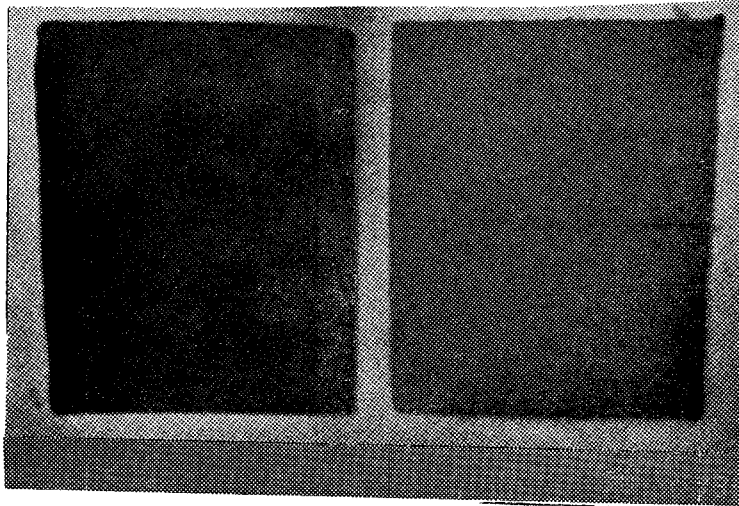
<Table 2>Concentration of TSP by Hi-Vol

Unit : $\mu\text{g. m}^3$

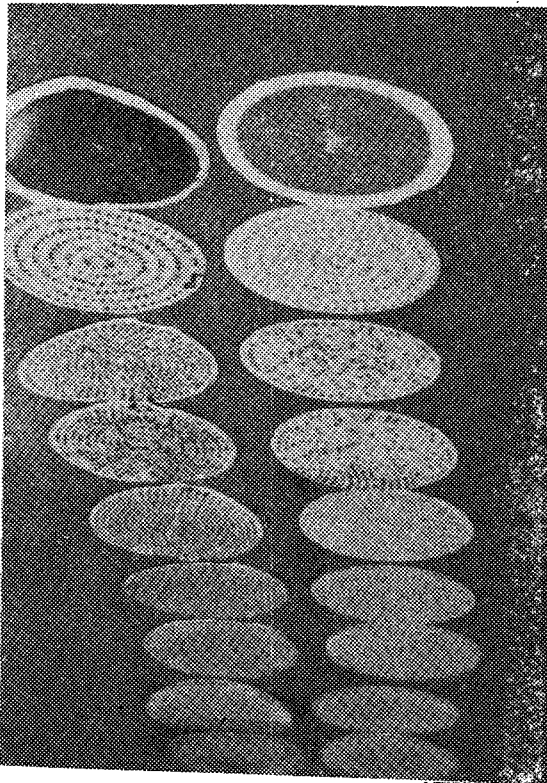
District	1988			1990		
	Mean ¹⁾ Range	Mean ²⁾ Range	Sampling point	Mean ¹⁾ Range	Mean ²⁾ Range	Sampling point
Seoul	716(240~1104)	183(88~295)	5	420(254~723)	159(90~248)	4
Pusan	619(247~ 842)	191(112~335)	6	517(227~675)	178(112~248)	7
Daegu	532(149~ 870)	106(62~163)	4	522(345~670)	119(82~163)	4
Kwagju	440(404~ 495)	207(101~264)	2	243(119~366)	155(124~186)	2
Daejeon	795(360~1427)	138(110~170)	1			
Mean	620(149~1427)	165(62~335)	18	426(119~723)	153(82~248)	17

1) During Yellow sand Period

2) In normal times



<Fig. 1> Comparison of dust colour by hig-vol
(right : sample during yellow sand period)
(left : sample in normal times)



<Fig. 2> Comparison of dust colour by Andersen air sampler
(right : sample during yellow sand period)
(left : sample in normal times)

측정되었다.

황사시만의 분진시료를 입도별로 채취한 입경의 분포형은 stage 7(0.43~0.65 μ m)과 stage 4(2.1~3.3 μ m)를 peak로 하여 이산형이었고 비황사시의 분포

형은 stage 6(0.65~1.1 μ m)과 stage 3(3.3~4.7 μ m)를 peak로 이산분포형이었다.

1988년과 1990년에 발생한 황사시의 분진중에 함유된 19개 성분(SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , F^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , Al, Ca, Cu, Cd, Fe, K, Na, Mg, Mn, Pb, Cr, Zn, Ni)을 측정하였다.

측정된 성분농도에는 차는 있으나 금속성분에서는 황사시에 비해 높게 측정되고 있으며 1988년 황사시의 Al, Fe, Mg, Na 성분은 비황사시에 비해 3.6~12.5배까지 1990년 시료중의 Al, Ca, Fe, K 성분은 2.4~3.7배나 각각 높게 측정되었다.

1988년 시료중의 이온성분에 있어서는 SO_4^{2-} 성분을 제외한 NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ 이온성분은 황사시보다 비황사시가 높게 측정되었으며 1990년에는 NO_3^- 이온성분을 제외한 SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , NH_4^+ 성분이 황사시에 2~4배 높게 측정되었다.

조대입자와 미소입자의 분포구분을 보면 미소입자쪽에 분포되어 있는 성분은 1988년 황사시는 NH_4^+ , F^- , K, Pb, Cd 성분이 1990년대에는 Cr, Mg, Ni, Pb 성분이었으며 그의 성분은 조대입자쪽에 분포되어 있었다.

또한 비황사시는 1988년에는 NH_4^+ , K, Pb 성분이 1990년에는 K, Pb, Zn 성분이 각각 미소입자쪽에 분포

<Table 3> Concentration of coarse and fine particles during yellow sand period.

Sampling Year	No of samples	coarse particles (> 2 μm)		Fine particles (< 2 μm)		Total (μg/m ³)
		Ave conc (μg/m ³)	CP/TP (%)	Ave conc (μg/m ³)	FP/TP (%)	
1982	2	186.21 (83.0)	61.09	118.58 (56.1)	38.91	304.79 (139.1)
1983	3	183.48 (91.67)	56.89	139.05 (49.47)	43.11	322.53 (141.14)
1984	3	200.02 (90.91)	63.63	114.35 (45.98)	36.37	314.37 (136.89)
1985	1	275.3 (87.04)	71.25	111.1 (64.44)	28.75	386.4 (151.48)
1988	1	403.3 (90.7)	82.44	85.9 (43.7)	17.56	489.2 (134.4)
1990	1	267.8 (114.8)	82.48	56.9 (80.3)	17.52	324.7 (195.1)

() : Average Concentration in Noramll times

되어 있었다.

대기중의 분진의 입경 1.1μm이하의 미소입자는 폐포까지 도달하고 그 이상의 입자는 기도에서 제거된다고 한다. 이와 같은 사실에 비추어 인체에 흡입되는 1.1μm이하의 미소입자의 1일 흡입량을 추정하면 황사시가 비황사시에 비해 분진의 경우 3배 금속성분은 11~2배가 많다. 수용성성분도 황사시가 비황사시에 많은 것으로 추정된다. 이와 같이 황사현상이 발생하면 이로 인하여 수송되어지는 대륙기원의 토양입자와 이에 함유된 성분은 우리나라 대기 Aerosol에 크게 영향을 미칠 뿐만 아니라 폐포에 침착되는 양도 증가되는 것으로 추정된다.

3.3 황사시의 강수성분

수도권지역 9개지점에서 고농도의 황사현상이 출현된 1988년4월19일(05:00~11:00)과 황사현상이 없었던 1988년4월12일에 강수현상이 있어 이때의 우수를 채취하여 그 성분을 분석검토한 결과는 기보한 바와같이 pH범위를 보면 황사현상시의 pH는 6.0~6.7이었고 비황사시의 pH는 4.7~5.9였다. 또한 우수성분간의 상관관계는 1% 유의수준에서 유의한 상관관계를 나타내는 성분은 황사현상시에는 H⁺와 F⁻는 부의 상관관계였고 SO₄²⁻은, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, Mg²⁺, NO₃⁻은 Cl⁻, NO₃⁻, K⁺, Mg²⁺, Cl⁻은 Na⁺, Mg²⁺, NH₄⁺은 Na⁺, Na⁺은 Mg²⁺, Fe³⁺은 Mn²⁺이었다. 비황사시는 H⁺은 NO₃⁻, SO₄²⁻은 Ca²⁺,

Cl⁻은 Na⁺, Ca²⁺, Na⁺은 Ca²⁺이었다.

강수에 의해 강하된 음이온과 양이온의 양은 황사시가 비황사시에 비해 4~5배나 많았으며 황사시 강하량이 많은 이온성분은 SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, NO₃⁻, Ca²⁺순으로 SO₄²⁻의 강하량은 총강하량에 대하여 55.46%였다. 비황사시강하량이 많은 이온성분은 SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Cl⁻의 순이었다.

황사시 강수중에 수용성성분의 강하가 비황사시에 비해 많은것은 대기중에서의 이들 성분의 존재량과 그 형태(입자상, 가스상)에 의해 다르겠으나 황사시는 그 성분의 대부분이 조대입자층에 있는 입자상물질이 대기중에 다량 함유하고 있음을 시사하고 있는 것 같다.

우수중의 음이온 성분의 합계를 100%로 했을 때 황사시 양이온의 합계는 100%보다 작은 69.67% 비황사시는 98%로 비교적 이온 비란스가 잘 취하여져 있는 반면 황사시 검출되지 않은 다른 성분이 다량 함유하고 있는것 같다. 우수의 특성을 명확히 하기위하여 우수성분 농도의 상관관계를 이용하여 주성분 분석에 의한 종합특성을 검토한 바 황사시의 고유치는 제1주성분 Z₁은 6.49 Z₂는 2.24 제1주성분 Z₁의 분산은 61.11% Z₂는 21.12%의 기여율로 Z₂까지의 누적기여율은 82.23%였다.

비황사시의 고유치는 Z₁에서 5.08 Z₂는 1.81로 기여율은 Z₁이 61.18% Z₂는 21.81%로 Z₃까지의 누적기

여율은 99.72%였다.

주성분 분석에서 얻어진 제1주성분 Z_1 의 인자부하량은 황사 및 비황사 공히 그 계수는 정으로 우수의 총합적 오염도를 나타내는 인자로 볼 수 있다. 제1주성분 Z_2 의 인자부하량은 황사시 절대치는 대부분 작는데 반하여 H^+ 와 F^- 이온은 정으로 크고 Ca^{2+} 이온은 부로 크다. 그러므로 Z_2 는 우수의 오염도 발생원기여를 일정하다고 했을 때 pH를 지배하는 인자로 볼 수 있다. Z_3 의 인자부하량의 정 성분은 H^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} 부의 성분은 NO_3^- , NH_4^+ , K^+ , Mn^{2+} 이었다.

이와 같은 사실에 비추어 Z_3 은 자연적 발생원에 관계되는 변량은 정 인위적 발생원에 관계되는 변량은 부로 우수중의 이온 성분에 대한 발생원기여를 나타내는 인자로 볼 수 있다. 각주성분에 포함되는 공동인자의 해석을 용이하게 하기 위하여 인자부하량에 대하여 인자축의 회전을 시도한 바 제1인자는 Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ 와 SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ 로 해시기여성분과 이차 생성물질 등 인위적 발생원기여성분 제2인자는 H^+ , F^- , Mn^{2+} 제3인자는 Fe^{3+} , Ca^{2+} 로 세분류 할 수 있어 우수중의 이온 성분에 대한 특성을 명확히 할 수 있다.

3.4 황사시의 오염물질의 동태

황사현상이 발생한 1990년 4월8일~10일 사이에 서울에서 대기오염물질(T. S. P SO_2 , CO, NO_x ($NO+NO_2$), O_3 , N- CH_4) 농도와 풍향, 풍속을 각각 시간별로 측정된 바 가장 높게 측정된 시간대는 황사분진농도는 4월9일 11:00~12:00로 $428\mu g/m^3$ 가스상물질(SO_2 , CO, NO, NO_2 , N- CH_4)은 4월9일 05:00~11:00 사이에 가장 높게 측정되었다. 또한 O_3 은 4월9일 14:00~16:00로 0.03ppm이었다.

이와 같은 현상은 4월8일은 일요일, 4월9일은 월요일로서 4월9일 오전중 농도가 높게 측정된 것은 러시아위와 상관성이 있는 것으로 추정되며 비황사시의 오염농도분포와 별차가 없었다.

그러나 오염농도수준에 있어서는 황사시가 비황사시에 비해 높은 수준으로 측정되고 있어 황사시의 황사입자와 더불어 가스상물질도 우리나라 환경대기에 영향을 미칠 가능성을 배제할수는 없다. 오염물질 농도간의 상관관계를 보면 5% 유의수준에서 유의한 상관을 나타내는 성분은 황사시는 TSP는 SO_2 , CO, N- CH_4 와

는 부의 상관 O_3 와는 정의 상관을 나타냈고 그 외 오염물질(SO_2 , CO, NO, NO_2 , O_3 , N- CH_4 , W. SP) 사이에도 높은 상관성을 나타냈다.

비황사시의 T. S. P는 O_3 , W. SP와 정의 상관을 그 외 오염물질(SO_2 , CO, NO, NO_2 , O_3 , N- CH_4 , W. SP) 사이에도 높은 상관성을 나타냈다.

오염물질의 특성을 명확히 하기위하여 주성분 분석을 적용한 바 황사시의 고유치는 제1주성분 Z_1 은 4.57 Z_2 은 1.13이였으며 Z_1 의 기여율은 72.59%로 제2주성분 Z_2 까지의 누적기여율은 90.52%였다.

비황사시의 고유치는 제1주성분 Z_1 은 4.11 Z_2 은 1.35였으며 Z_1 의 기여율은 70.79%로 Z_2 까지의 누적기여율은 94.10%였다. 주성분 분석에서 얻어진 제1주성분 Z_1 의 인자부하량은 전체적으로 크고 황사시나 비황사시와 같이 TSP, O_3 , W. SP를 제거한 계수는 정이다.

이것은 대기중의 종합적 오염원을 나타내는 인자로 볼 수 있다. Z_2 의 인자부하량이 큰 인자는 황사시는 N O, NO_2 , SO_2 , O_3 로 NO_2 의 계수는 부로 오염물질의 화학반응을 나타내는 인자로 볼 수 있다.

비황사시는 CO, SO_2 , NO, O_3 , TSP는 부의 부하량이 고 N- CH_4 , W. SP, NO_2 은 정의 부하량으로 NO_2 , N-C H₄의 인자부하량이 커서 이차생성물질 등 인위적 발생원기여를 나타내는 인자로 볼 수 있다. Z_3 의 인자부하량이 큰 인자는 TSP와 N- CH_4 로 역의 관계로 이차생성입자와 관계된 인자로 볼 수 있다.

인자부하량에 대한 인자축의 회전을 시도한 바 인자부하량이 큰 인자는 황사시의 제1인자(F_1)는 NO, SO_2 , CO 제2인자(F_2)는 NO_2 , O_3 , W. SP 제3인자(F_3)은 T. S. P, N- CH_4 , 비황사시는 제1인자(F_1)는 SO_2 , CO, NO, O_3 제2인자(F_2)는 NO_2 , N- CH_4 , O_3 제3인자(F_3)는 W. SP, TSP로 세분류가 가능하여 각주성분의 성격을 명확히 하고 있다.

4. 결론

1982년 이래 황사현상시의 분진 우수 및 가스상물질을 측정하여 다음과 같은 것을 알게 되었다.

1. 3~5월사이에 발생하는 황사운의 발원지는 기상요소에 한해 Asia 대륙으로부터 우리나라에 수송되어 지고 있었다.

2. 황사현상시의 분진농도는 비황사시에 비해 높게 측정되었고 수용성성분농도도 황사시에 비해 비황사시보다 높게 측정되었고 금속성분농도는 황사시에 급상승하였다.

3. 분진농도분포형은 황사시는 stage 7(0.43~0.65 μm) 과 stage 4(2.1~3.3 μm)를 peak로 비황사시 분포형은 stage 6(0.65~1.1 μm) 과 stage 3(3.3~4.7 μm)를 peak로 각각 이산형분포였다.

4. 조대입자와 미소입자의 분포구분을 보면 미소입자쪽에 분포되어있는 성분은 1988년 황사시는 NH_4^+ , F⁻, K, Pb, Cd 성분이 1990년에는 Cr, Mg, Ni, Pb 성분이었으며 그 외 성분은 조대입자쪽에 분포되어 있었다. 비황사시는 1988년에는 NH_4^+ , K, Pb 성분이 1990년

에는 K, Pb, Zn 성분이 각각 미소입자쪽에 집중되어 있었다.

5. 황사시 우수의 pH는 6.0~6.7 범위로 비황사시에 비해 높았다.

6. 우수에 한해 강하된 음이온과 양이온의 양은 황사시가 비황사시에 비해 4~5배나 많았다.

7. 우수중의 양이온 성분의 합계를 100%로 했을 때 황사시 양이온 합계는 69.67% 비황사시는 98%였다.

8. 황사시 오염물질(TSP, SO_2 , CO, NO_x , O_3 , N-CH₄) 농도는 비황사시에 비해 높게 측정되었다.*

(필자는 90년 6월30일자로 국립환경연구원 대기화학과장직을 정년퇴임하여 7월1일부로 환경동우회로 자리를 옮겼습니다.)

UNEP '90년 제18회 世界環境의 날 주제

아동과 환경

The Children and the Environment