

다파장 라이다에 의한 2001년 황사의 관측과 광학적 파라메타의 해석

Measurement and Analysis of Asian Dust

Optical Parameter on 2001 by Multiwavelength Lidar

김진환, 박형준, 박찬봉, 이주희
경희대학교 레이저공학연구소 라이다센터
jhwany@cvs2.kyunghee.ac.kr

매년 봄에 자주 발생하는 황사가 기상, 환경에 미치는 영향에 대해 사회적인 관심이 집중되면서, 많은 연구들이 진행되고 있으며 황사의 물리, 화학적 변화를 정확히 측정하려는 연구가 진행되고 있다⁽¹⁾. 본 논문에서는 시, 공간적으로 분해능이 높은 다파장 라이다를 이용하여 황사를 계측하고 이의 후방산란비, 편광소멸비, 입경분포 스펙트럼 등의 광학적 파라메타를 해석하였다.

다파장 라이다의 시스템으로써 Nd:YAG 레이저의 355 nm, 532 nm 파장의 송신시스템을 결정하고 레이저로써 Surelite-II(Continum사)를 사용, 기본파장 1064 nm 이외에 532 nm, 355 nm 파장을 얻기 위해 2ω , 3ω 조화파 발생기를 장착하였다. 출력빔의 발산각은 0.6 mrad, 주기는 10 Hz 이며, 각 파장별 에너지는 610 mJ(1064 nm), 200 mJ(532 nm), 145 mJ(355 nm) 이다. 수신시스템은 망원경, 주수신블록, 라만수신블록으로 구성되어있다. 수신부의 망원경의 카세그리안 형의 530 mm 구경의 반사망원경이며 주 수신블록의 초퍼, 파장분할을 위한 광학계 부분과 광검출기로 구성되어 있다.

Date	Time	Mode		Date	Time	Mode	
		M	P			M	P
January 30	20:02-20:07	2	3	April 6	19:12-19:25	1	1
February 14	20:06-00:53	8	2	April 7	20:46-23:39	4	2
March 4	02:17-06:30	8	1	April 9	01:29-02:25	5	2
March 6	19:04-03:40	2	2	April 10	21:52-00:20	6	1
March 7	19:17-04:00	8	4	April 12	20:03-23:17	3	2
March 15	19:55-03:29	6	3	April 13	01:18-05:12	5	2
March 16	22:38-00:09	5	2	April 24	20:53-23:09	10	5
March 19	23:54-04:48	7	2	April 25	00:07-04:30	7	3
March 20	19:26-23:59	3	2	May 4	20:42-04:13	9	2
March 21	19:34-20:45	2	2	May 8	20:50-23:12	3	1
March 22	18:56-05:40	11	6				
March 23	19:00-05:45	7	4				
March 24	19:27-22:27	4	1	23 days		126	53

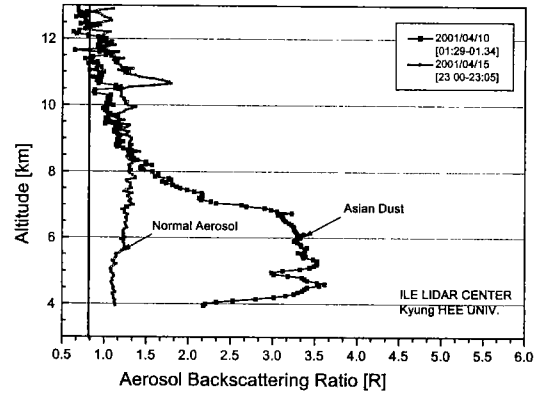
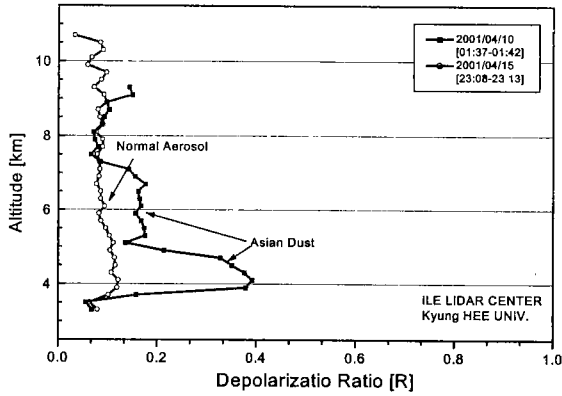
<표-1> 2001년 황사 관측일지

태의 값은 10% 이하에서 변화의 폭이 크지 않으며 고도가 증가해도 비슷한 값을 보이고 있다. 그에비해 황사는 20~40% 까지 고도의 변화에 따라 불규칙하게 변화함을 볼 수 있다. <그림-2>는 황사와 배경상태 에어로졸의 후방산란비 비교로 에어로졸은 약 12~13% 정도로 고도에 대해 선형적인 모습을 하고 있으나 황사는 편광소멸비와 마찬가지로 불규칙하며 25~35% 정도로 큰 값을 나타냈다.

<표-1>은 2001년도 황사가 발생한 날의 측정된 내용으로 표에서 M은 Multiwave mode, P는 polarization mode로 측정된 횟수를 나타낸다. 예년의 경우와는 달리 1월부터 황사가 시작되어 5월까지 계속된 황사는 총 23회 관측으로 2000년에 관측된 5회보다 무려 4배 이상 많이 관측되었고, 3-4월에 집중적으로 발생하였다.

<그림-1, 2>는 4월 10과 4월 15일에 각각 측정된 황사와 에어로졸의 고도별 분포를 비교한 것이다. <그림-1>은 황사와 배경상태의 에어로졸의 편광소멸비를 비교한 것이며 배경상태

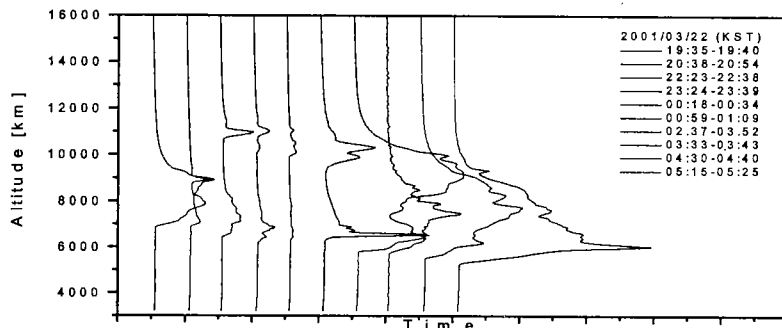
<그림-3>은 3월 22일에 측정된 황사의 고도별 시간변화를 나타낸 것이다. 처음 6.5 km에서 9 km까지의 폭을 가지고 있던 황사가 시간변화에 따라 5 km~11 km 까지에서 불규칙한 여러개의 층으로 나누어지고 시간변화에 따라 전체적으로 아래고도로 내려오는 황사의 전형적인 모습을 보여주고 있다.



<그림-1> 황사와 에어로졸의 편광소멸비 비교

<그림-2> 황사와 에어로졸의 후방산란비 비교

총괄적으로 1월부터 5월까지 측정된 황사의 편광소멸비는 15~40% 정도의 분포를 보였다. 또한 후방산란비는 2 이상의 값을 보이며 최대 1.5 이상의 값을 보이기도 했는데, 3 이상의 경우에는 구름과 혼합된 상태에서의 측정이 되었다고 생각된다. 황사의 수직고도 변화는 3 km에서 6 km 정도의 두께를 보이며 피크 고도는 5 km에서 8 km 사이에 대부분 분포하였고, 예년과는 틀리게 10 km의 높은 고도에서도 관측이 되었다. 황사의 입경분포를 해석한 결과로 일반 배경 에어로졸의 경우는 전 고도에서 1 μm 이하의 입자가 대부분인데 반해 황사의 경우 1.5 μm 이상의 큰 입자가 상대적으로 많이 나타나는 걸 볼 수 있었다. 본 논문에서는 위에 언급된 광 파라미터의 해석과 후방산란비와 편광소멸비간의 상관관계에 대하여 보고할 것이다.



<그림-3> 황사 고도별 분포의 시간변화 (3월22일, 2001년)

1. C. B. Park, J. H. Kim and C. H. Lee "Measurement of Asian Dust by using of multiwavelength lidar" *Lidar Remote Sensing for Industry and Environment Monitoring* SPIE-4153, pp. 124~131, (2000. 10).