

GIST 다파장 Raman Lidar를 이용한 2005년 10월에 관측된 연무 현상의 광학적·미세물리적 특성 관측

노영민, 김영준, Detlef Müller*

광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터, *Leibniz-Institute for Tropospheric Research (IfT)

nym@gist.ac.kr

1. 서론

동북아시아 지역은 높은 인구 밀도와 더불어 많은 인위적 에어로졸이 발생하는 지역이다. 근래 중국의 급격한 산업화로 인하여 인위적 에어로졸의 발생은 증가추세에 있다. 또한 시베리아 지역에서는 산불로 인하여 많은 에어로졸이 발생하고 있다. 동북아시아 지역에서 한국의 지형학적 위치는 편서풍의 풍상측에 위치하여 장거리 이동되는 다양한 에어로졸의 영향을 받는다. 본 연구는 2005년 10월 17일부터 27일까지의 기간에 장거리 이동된 에어로졸에 의하여 발생된 짙은 연무현상을 광주과학기술원의 다파장 라이다 시스템을 이용하여 이동특성 및 광학적 특성을 관측하였다. 또한, 다파장 라만 라이다로 관측된 결과에 역행렬 알고리즘을 적용하여 effective radius, refractive index, single scattering albedo 등의 미세물리학적(Microphysical parameter) 특성을 파악하였다.

2. 연구방법

본 연구는 광주과학기술원의 다파장 라만 라이다 시스템을 이용하여 355, 532nm의 두 파장에서 소산계수(2α)와 355, 532, 1064 nm의 3파장의 후방산란계수(3β)를 고도별로 2005년 10월 15일부터 30일까지 관측하였다. 라이다 관측은 일몰 후부터 일출 전까지 이루어졌으며⁽¹⁾ 낮 시간동안의 에어로졸 광학적 두께(AOD) 변화는 sunphotometer를 이용하여 관측하였다. 지상에서의 에어로졸의 농도변화 관측을 위하여 PM10을 관측기간 중에 연속적으로 측정하였다. 이를 통하여 관측 기간 중의 에어로졸의 농도변화를 측정하고, sunphotometer와 라이다를 이용하여 낮과 밤의 AOD 변화를 비교하였다. AOD와 파장역지수(Angstrom exponent) 등의 에어로졸 광학적 특성은 두 장비에서 동일하게 얻어졌으나, Single scattering albedo, Effective radius 등의 미세물리적 특성은 라이다 관측 결과에서만 구하여졌다. 미세물리적 특성은 라만 라이다로 관측된 에어로졸의 소산계수와 후방산란계수를 대기 경계층 내에서의 값의

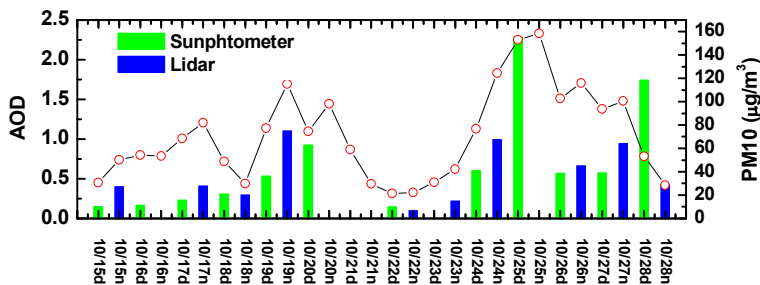


Fig. 1. Aerosol optical depth calculated by Raman lidar extinction coefficient and surface measured extinction coefficient and Sunphotometer. Averaged PM10 concentration was denoted as red circle.

평균값을 구하고 이 값을 Müller (1999)(2)에 의해 제안된 역행렬 알고리즘을 이용하여 effective radius, single scattering albedo 등의 microphysical parameter를 계산하였다. 에어로졸의 이동특성을 파악하기 위하여 NOAA Hysplit을 이용하여 5일의 Backtrajectory를 구하였다.

Table 1. Microphysical parameters calculated by Muller inversion using Raman lidar data

	Date	Effective radius	Refractive index		Single-scattering albedo
			real	image	
China	10월 15일	0.357	1.433	0.008021	0.929
	10월 17일	0.354	1.451	0.008898	0.892
	10월 23일	0.337	1.447	0.01217	0.874
	10월 24일	0.332	1.428	0.009663	0.916
Russia	10월 19일	0.339	1.406	0.004772	0.967
	10월 26일	0.346	1.420	0.007046	0.935
	10월 27일	0.318	1.402	0.004921	0.967

준다. Sunphotometer 관측은 낮에만 이루어지고 라만 라이더 관측은 밤에만 이루어져 동시간대에 관측된 결과가 없어서 두 값의 절대적 비교는 어렵지만, 12시간 평균의 PM10 값의 변화와 비교해 보면 PM10의 농도변화와 에어로졸 광학적 두께 값의 변화가 일치함을 알 수 있다. 관측 기간 중 높은 농도를 보인 시기는 19일과 24~27일이다. 역궤적 분석을 통하여 연무가 발생한 시기의 에어로졸의 이동경로를 파악하여 보면, 대부분의 경우에 에어로졸은 중국지역으로부터 이동하여 왔으나, 19,26,27일에는 에어로졸이 시베리아 지역을 통과하여 동북방향으로부터 이동하였음을 알 수 있었다. 일반적인 에어로졸의 광학적 특성만으로는 이동경로가 다른 에어로졸의 특성을 구분하기 어려웠으나 역궤적 알고리즘을 이용한 microphysical parameter의 분석은 두 종류의 에어로졸이 다른 특성일 보여주었다. Effective radius는 두 지역 모두 0.3 이상의 높은 값을 보여주었으나, 중국으로부터 이동되어진 에어로졸은 낮은 SSA 값을 보여주었으나 동북지역으로부터 이동되어진 에어로졸은 반대의 특성을 보여주었다. 이는 중국지역으로부터 이동되어진 에어로졸이 높은 광흡수 특성을 보여준다. 이는 화석연료의 사용량이 증가하고 있는 중국의 산업발전과 연관되어 광흡수 특성이 높은 에어로졸의 지속적으로 한국쪽으로 이동되어지고 있음을 알 수 있다. 하지만, 시베리아 지역에서 발생된 산불에 의한 에어로졸은 이에 비하여 보다 낮은 광흡수 특성을 지닌 에어로졸이 발생되었음을 알 수 있었다.

한국에서 자주 발생하는 짙은 연무 현상은 주로 장거리 이동된 에어로졸이 원인이 되며, 이동된 에어로졸의 발생지역에 따라 연무의 특성이 변화되는 것을 관측하였으며, 이동된 에어로졸이 한국의 대기질에 어떠한 영향을 미칠지 지속적인 관측이 필요할 것으로 사료된다.

4. 감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금 및 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (KRF-2005-213-D00043)

5. 참고문헌

1. 노영민, 김영민, 김영준, 최병철 (2006) GIST/ADEMRC 다과장 라만 라이더 시스템을 이용한 안면도 지역에서의 라이더 비 연구, 한국대기환경학회지 제 22권 제 1호, pp. 1~14.
2. Muller, D., U. Wandinger, and A. Ansmann (1999) Microphysical particle parameters from extinction and backscatter lidar data by inversion with regularization: Theory, Appl. Opt. Vol. 32, No 12

3. 관측결과 및 결론

2005년 10월 15일부터 28일까지의 관측 기간 중 17~19일과 24~27일에 짙은 연무현상이 나타났으며 이 기간에 PM10 농도와 AOD도 증가하였다. 그림 1은 라만 라이더와 Sunphotometer로서 얻어진 에어로졸의 광학적 두께(AOD) 및 PM10 농도의 날짜별 변화를 보여