

### 3A5) GIST/ADEMRC 다파장 라만 라이다 시스템을 이용한 안면도 지역에서의 라이다 비의 연구

## Determination of the Lidar Ratio using the GIST/ADEMRC Multi-wavelength Raman lidar System at Anmyeon Island

노영민 · 김영민 · 최병철<sup>1)</sup> · 김영준

광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터, <sup>1)</sup>기상연구소 지구대기감시관측소

#### 1. 서 론

후방산란 라이다 신호를 해석하여 대기중 에어로졸의 광학적 특성을 연구함에 있어 라이다 비(lidar ratio)의 결정은 중요한 요소이다. 라이다 비는 대기중 에어로졸의 입자크기, 모양, 굴절률, 그리고 상대습도 등 많은 요소의 영향을 받으며 그 특성에 따라 다양한 값을 나타낸다. 특히, 탄성 산란 라이다를 이용한 대기 중 에어로졸의 관측에 있어서 라이다 비의 결정은 고도별 에어로졸의 소멸계수의 계산에 있어 가장 중요한 부분이다. Murayama et al.(2004)은 2003년 봄에 동경(35.66°N, 139.80°E)에서 관측된 에어로졸의 라이다 비는 355nm 파장에서 40-80sr의 값으로 분포하였다고 발표하였고, Ackermann(1998)은 355, 532, 1064 nm 파장에서 각각의 라이다 비를 maritime, dust, continental 에어로졸에 대하여 계산하고 에어로졸의 종류에 따라 각 파장별로 특징적인 라이다 비를 나타내고 라이다 비는 상대습도에 많은 영향을 받음을 보여주었다. 본 연구는 광주과학기술원의 다파장 라만 라이다 시스템으로 2004년 3월 15일부터 4월 14일과 2005년 5월 24일부터 6월 8일까지 관측값을 라만 해석 방법(Whiteman et al, 1992)을 이용하여 355nm와 532nm의 에어로졸 소멸계수와 후방산란계수를 가정없이 직접 구하고, 이 값을 이용하여 라이다 비를 구하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에 사용된 다파장 라만 라이다 시스템은 송신부의 광원으로 펄스 반복율이 20Hz인 Nd:YAG 레이저를 사용하였다. 이 레이저에서 생산된 2차, 3차 조화파인 532, 355nm 파장의 빛을 대기중으로 조사하여 탄성산란 신호인 355,532nm 파장과 N<sub>2</sub>에 의한 라만산란 신호인 387, 607nm 파장의 후방산란광을 직경 20cm의 망원경으로 수집하였다. 수집된 후방 산란광은 PMT를 이용하여 신호의 강도를 측정하였다. 수신된 라이다 신호를 해석하기 위한 라이다 방정식의 해는 Ansmann et al.(1992)과 Whiteman et al.(1992)의 라만신호 해석 방법을 이용하였다. 공기분자에 의한 탄성산란을 구하기 위하여 본 연구에서는 존데자료를 이용하여 고도별 공기분자산란을 계산하였다. 이 때 사용된 존데자료는 안면도 지역에서 가장 근접한 오산에서 관측되는 존데 자료를 이용하였다. 또한 계절별 Airmass의 이동경로 파악을 위하여 역 궤적분석 또한 병행하였다. 그리고 에어로졸 종류와 상대습도 변화에 따른 라이다 비를 계산하기 위해 OPAC code를 이용하여 에어로

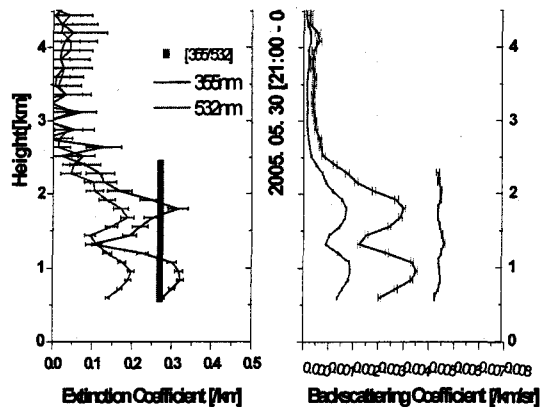


Fig. 1. Aerosol extinction coeff., backscattering coeff. of 355 & 532nm observed at May 30, 2005, Anmyeon Island.

졸의 8종류로 분류하여 모델계산을 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 2005년 5월 30일에 관측된 에어로졸의 355와 532nm에서의 소산 계수와 후방산란 계수 그리고 두파장의 파장먹지수의 결과를 보이고 있다. 1.3km 고도를 상하로 나누어 두개의 에어로졸 층이 존재하며 파장 먹지수는 1의 값을 보이고 있다. 그림 2는 그림 1과 동일한 날의 라이다 비 값을 보여준다. 532nm의 값이 355nm의 값보다 상당히 높은 특별한 경우의 값을 보여주고 있다. 표 1은 관측 기간 동안의 측정된 에어로졸 층별의 라이다 비와 AOD(Aerosol Optical Depth) 값을 보여준다. 결과로부터 2005년 5월과 6월에 관측된 값은 라이다 비는 높고 파장먹지수 값도 높은 값을 보여주었다. 그러나 2004년 3월과 4월에 관측된 결과는 라이다 비와 파장 먹지수 값이 낮은 값을 보여 에어로졸의 특징이 다름을 보여주었다. 역궤적분석은 3월과 4월에는 Airmass가 중국의 사막지대를 통과하여 한반도로 유입되나 5월과 6월의 결과는 대기가 정체되면서 수도권 지역을 지나서 관측지역으로 유입됨을 보여주었다. 이는 3월과 4월은 먼지입자가 주요한 구성원이나 5월과 6월은 도시지역오염원이 주요구성원임을 보여준다. OPAC code를 이용한 에어로졸 종류별 라이다 비의 계산에서도 두 기간의 에어로졸이 다름을 보여준다. 이는 기간별로 다양하게 존재하는 에어로졸의 광학적 특성파악이 다파장 라만 라이다로 관측이 가능하며 다양한 고도로 존재하는 에어로졸의 특성을 고도별로 파악하여 특성을 구분지을 수 있음을 보여준다.

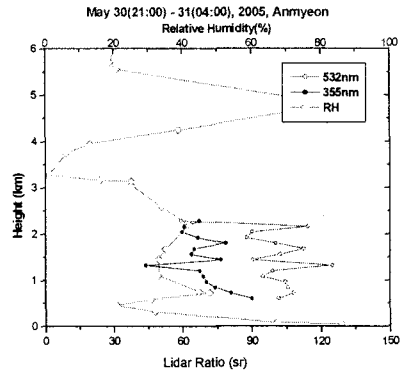


Fig. 2. Lidar ratio and relative humidity at May 30, 2005.

Table 1. Lidar ratio and AOD of aerosol layer.

| 2005       | Lidar ratio |       |         |       | AOD   |       | ext_ang | height(km) |
|------------|-------------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|------------|
|            | average     | stdv  | average | stdv  | 532nm | 355nm |         |            |
| May 24th   | 59.60       | 10.31 | 56.13   | 22.59 | 0.144 | 0.235 | 1.20    | 1.56-2.88  |
| May 27th   | 74.25       | 8.75  | 64.64   | 10.40 | 0.302 | 0.539 | 1.42    | 0.60-2.04  |
|            | 65.83       | 12.47 | 45.19   | 41.93 | 0.054 | 0.101 | 1.63    | 2.16-3.12  |
| May 28th   | 74.44       | 8.40  | 60.78   | 12.06 | 0.257 | 0.382 | 1.00    | 0.60-1.80  |
| May 29th   | 77.34       | 7.14  | 62.48   | 11.80 | 0.462 | 0.742 | 1.21    | 0.60-2.28  |
| May 30th   | 102.76      | 10.68 | 67.62   | 9.72  | 0.247 | 0.403 | 1.21    | 0.60-2.16  |
| May 31th   | 98.85       | 11.42 | 58.12   | 7.74  | 0.104 | 0.209 | 1.72    | 0.60-1.44  |
| June 1st   | 111.52      | 14.86 | 64.07   | 11.16 | 0.134 | 0.210 | 1.11    | 0.60-1.68  |
| June 4th   | 93.24       | 25.94 | 59.35   | 18.28 | 0.149 | 0.203 | 0.76    | 0.60-2.28  |
| June 5th   | 85.77       | 12.24 | 46.27   | 8.83  | 0.228 | 0.321 | 0.84    | 0.60-2.04  |
| June 7th   | 78.51       | 6.11  | 66.78   | 7.50  | 0.292 | 0.448 | 1.05    | 0.60-1.68  |
|            | 62.39       | 10.52 | 34.02   | 7.71  | 0.203 | 0.242 | 0.43    | 1.68-2.28  |
| June 8th   | 84.64       | 8.76  | 67.73   | 5.20  | 0.203 | 0.334 | 1.22    | 0.60-1.92  |
| Average    | 85.76       | 20.15 | 57.66   | 9.88  |       |       |         |            |
| 2004       |             |       |         |       |       |       |         |            |
| Mar. 15th  | 71.48       | 19.82 | 56.57   | 12.02 | 0.090 | 0.140 | 1.09    | 2.16-3.48  |
|            | 43.49       | 22.24 | 22.64   | 9.98  | 0.116 | 0.130 | 0.28    | 3.48-4.32  |
| April 2nd  | 69.23       | 10.41 | 51.20   | 9.51  | 0.268 | 0.381 | 0.87    | 1.08-2.28  |
|            | 49.46       | 18.17 | 43.36   | 19.29 | 0.307 | 0.390 | 0.58    | 3.12-5.64  |
| April 3rd  | 70.12       | 11.81 | 44.82   | 10.56 | 0.136 | 0.191 | 0.84    | 1.20-2.16  |
| April 8th  | 53.48       | 10.52 | 57.34   | 6.59  | 0.109 | 0.144 | 0.70    | 1.44-3.00  |
| April 12th | 62.92       | 12.59 | 53.26   | 14.85 | 0.181 | 0.236 | 0.66    | 2.16-4.2   |
| April 15th | 51.07       | 12.24 | 49.10   | 6.10  | 0.223 | 0.342 | 1.06    | 1.30-3.48  |
| Average    | 58.91       | 10.85 | 47.28   | 11.15 |       |       |         |            |

## 사 사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

## 참 고 문 헌

- A. Ansmann, U. Wandinger, M. Riebesell, C. Weitkamp, W. Michaelis (1990) Measurement of atmospheric aerosol extinction profiles with a raman lidar, Optics letters. Vol.15
- D. N. Whiteman, S. H. Melfi, R. A. Ferrare (1992) Raman lidar system for the measurement of water vapor and aerosols in the Earth's atmosphere, Applied optics, vol.31
- Ackermann, J., et al, (1998) The extinction-to-backscattering ratio of tropospheric aerosol: A numerical study, J. Atmos. Oceanic Technol., 15, 1043-1050.
- Murayama, T., et al (2003) Characterization of Asian dust and Siberian smoke with multi-wavelength Raman lidar over Tokyo, Japan in Spring 2003. Geophys. res. lett