

기상 측정용 다채널 라만 라이다 장치 개발 및 구름의 광학적 특성 측정 연구

Development of the meteorological Raman lidar and measurement of the cloud optical characteristics

김덕현, 차형기, 양기호, 송임강*, 김용기*

한국원자력연구원, 양자광학기술개발센터, *공주대학교 물리학과,

dhkim3@kaeri.re.kr

대기 중의 에어로졸이나 구름의 광학적 특성은 태양으로부터 입사되는 에너지의 차단 혹은 흡수에 대한 정보를 직접적으로 제공하기 때문에 대기 중의 구름이나 에어로졸의 광학적 특성을 밝히는 것은 매우 중요하다. 라이다 기술의 발달과 함께 이러한 노력들이 이루어졌는데, 특히 구름의 종류(얼음, 물방울)와 구름의 밀도에 대한 실시간 원격 측정 연구는 다양한 라이다 시스템(편광라이다, Mie 라이다)을 이용하여 이루어 졌다. 그러나 구름 주변의 온도나, 습도, 물분자의 상(phase), 그리고 에어로졸의 크기분포와 밀도의 변화 등 다양한 기상 변수를 동시에 측정하는 연구는 장치의 복잡성과 기법이 개발되어 있지 않아서 아직 세계적으로도 이루어지고 있지 않고있다. 본 연구에서는 자체 개발한 다파장(38 channel) 라만 라이다를 이용하여 구름 주변의 여러 기상학적 현상들의 특성을 파악하는데 있다.

본 연구에서 사용된 장치는 355nm 와 532 nm 로 구성된 라만 라이다 시스템으로 온도, 습도, 에어로졸 크기, 그리고 물의 상변화를 측정한다. 입자의 크기를 측정하기 위하여 355nm와 532nm에서 회전라만 산란된 신호와 탄성라만 신호를 얻고 이로부터 후방산란계수를 구한 후 Angstrom 계수를 구하여 동일 종류(구름 혹은 황사)의 에어로졸에서 입자의 크기와 밀도를 구한다⁽¹⁾. 대기의 온도는 그리고 532 nm에서 회전라만 산란된 신호를 두 가지로 구분하여($J=2-9$, $J=11-20$) 얻은 후 그 비(ratio)를 얻어서 정성적인 온도 분포를 얻을 수 있도록 구성된 것이다⁽²⁾. 물의 상변화를 얻기 위하여 기존의 방법(광학 필터를 이용한 방법)과는 다르게 본 연구에서 사용한 장치는 회절판을 이용하여 빛을 분산시키고 이들 중에서 수증기의 진동라만 신호(408nm) 근처에 32 채널의 다른 센서(채널)를 더 첨가하여(398nm - 410nm) 물방울에 의한 라만 산란 신호도 동시에 얻을 수 있도록 구성한 것이다. 이러한 방법은 수증기의 Ro-Vibrational 라만 신호도 동시에 측정할 수 있기 때문에 기존의 필터 방식에서 발생하는 오차(수증기의 회전라만 신호가 물의 진동라만 신호와 겹쳐서 생기는 오차)를 제거 수 있다.

전체 시스템의 구성도는 그림 1 과 같다. 355nm와 532nm에서 라이다 시스템의 기하학적 효과가 같도록 하기 위하여 레이저 빛은 같은 광속확대기를 통하여 대기 중으로 조사되고 같은 망원경과 광섬유를 통하여 얻어진 후 수신광학계로 도입된다. 도입된 신호는 크게 355nm, 532nm, 405 nm 로 구별되어 수증기에 의한 라만 신호와 각각의 회전 및 탄성라만 신호를 얻게된다. 그림 2 는 개발된 장치로 얻어지는 전형적인 회전라만 신호를 보여준다. 그림에서 (a), (b)는 회전라만 신호를 (c)는 탄성라만 신호, 그리고 (d)는 회전라만 신호를 이용하여 얻은 온도를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 구름근처에서 작은 작은 온도 변화(DIP)를 관측할 수 있다. 그림 3 은 수증기의 진동라만 산란신호 부근에서 얻어지는 물방울과 수증기의 라만 산란 신호의 스펙트럼이다.

그림은 맑은 날 측정된 것으로 그림에서 알 수 있듯이 수증기의 진동라만 산란신호의 주변 파장에서 비슷한 모양을 보여준다. 즉 구름이 없는 경우 물방울에 의한 라만 산란 신호의 흔적은 거의 보이지 않음을 알 수 있다. 그림 4는 그림 3에서 얻어지는 수증기, 물방울, 그리고 물방울의 표면에 있는 물 등과 같이 물의 물리적 상태에 따른 밀도 분포를 보여준다. 물의 상태를 크게 수소 결합이 이루어진 상태 즉 물방울 상태, 물방울의 표면에 있는 물분자, 그리고 물방울 상태에서 다른 물 분자와 그 상호 작용이 적은 상태⁽³⁾ 등으로 나누어 설명할 수 있다. 그림은 구름이 1000m 에 존재한 경우에 얻은 것으로 약 600 m부터 물방울 상태로 수증기가 존재함을 알 수 있다. 본 연구는 기상지진기술개발사업(CATER-2006-3101)의 지원으로 수행되었습니다.

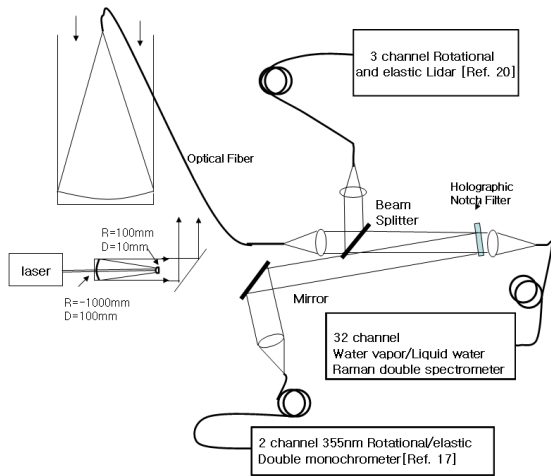


그림 1 본 연구에서 사용한 라이다 시스템의 구성도

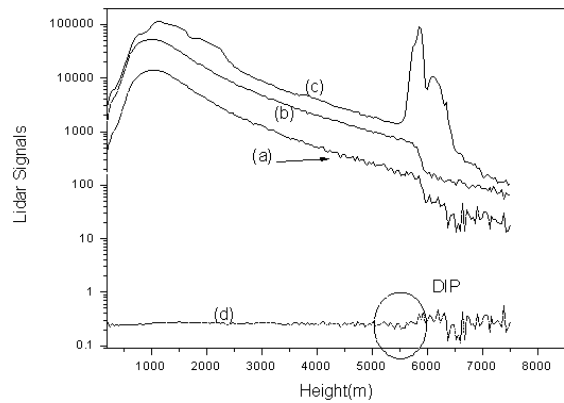


그림 2. 온도 및 에어로졸 측정에 사용되는 전형적인 라만 라이다 신호

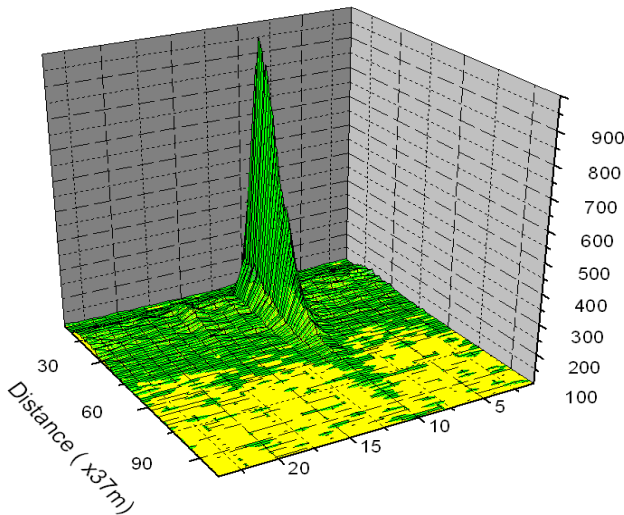


그림 3. 수증기의 라만 산란 주변(물방울)에서 라만 라이다 신호

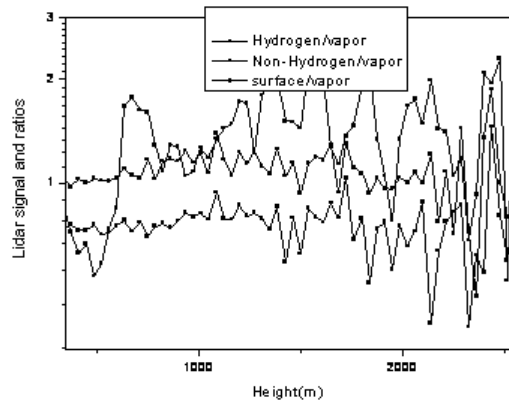


그림 4. 물 분자의 상태에 따른 밀도 분포

1. D. Kim, H. Cha, S. Park, J. Zhou, W. Zhang, Applied Physics B, Vol. 82, 1(2006)
2. D. Kim, H. Cha, Optics Letters, Vol. 31, Issue 19, pp. 2915-2917 (2006)
3. Q. Du, R. Superfine, E. Freysz, and Y. R. shen., Phys. Rev. Lett., Vol. 70, 2313(1993)