

PA14) **입경분포별 에어로졸의 흡습성장에 의한 광산란 측정** **Measurement of Light Scattering by Hygroscopic** **Growth of Size-Resolved Aerosol**

김경원 · 정진상¹⁾ · 김영준¹⁾

경주대학교 환경계획학전공,

¹⁾광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링신기술 연구센터

1. 서 론

대기 중 입자상 물질의 열역학적 및 광학적 특성에 관한 연구가 1990년대 이후에 본격적으로 수행된 이후로 가스상 물질의 입자상물질로의 변환에 관한 화학적 메커니즘과 대기 중의 수분의 흡습에 의한 입자상 물질의 물리적 성장에 관한 연구 결과가 다수 도출된 바 있다. 입자상 물질의 물리적 성장에 따른 광학적 효과는 시정장애 현상의 원인을 규명하기 위한 중요한 인자로서 고려된다. 흡습성을 지닌 입자상 물질에는 NH_4HSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_3\text{H}(\text{SO}_4)$, NaHSO_4 , Na_2SO_4 , H_2SO_4 , NH_4NO_3 , NaNO_3 , NaCl 등이 있으며 이들은 인위적 및 자연적 발생 특성을 모두 포함하고 있다. 대기 중에 존재하는 입자상물질은 대부분 외부혼합된 형태로 존재한다. 화학적 성분에 대한 충분한 분석이 부족한 경우 입자상물질의 광산란량은 단일입자성분의 광산란량을 자세히 반영할 수 없으므로 외부혼합된 입자상물질에 의한 총산란량으로 평가된다. 흡습성 입자상물질의 광산란량은 입자의 크기에 의존되며 입자의 크기는 상대습도에 따라 변한다. 따라서 입자의 크기의 변화는 수분을 흡습하지 않은 건조입자의 입경분포로부터 비롯된다. 본 연구에서는 입경분포별로 포집된 입자상물질의 질량농도와 상대습도의 변화에 따라 측정된 광산란계수의 변화를 기초로 입경분포별 에어로졸의 흡습성장에 의한 광산란 특성이 조사되었다.

2. 연구 방법

상대습도가 흡습성 입자상물질의 광산란에 미치는 영향을 조사하기 위하여 상대습도를 기준으로 건조 조건과 대기환경 조건에서의 입자상 오염물질에 의한 광산란계수가 세 대의 Optec Inc.사 NGN-2 및 NGN-3 nephelometer를 이용하여 측정되었다. 대기 중의 에어로졸에 의한 광학적 변화량을 측정할 수 있는 Optec Inc.사 LPV-2 transmissometer와 에어로졸의 입경별 특성을 분리 포집할 수 있는 URG사 VAPS 2000J, $\text{PM}_{2.5}$ 및 $\text{PM}_{1.0}$ cyclone 샘플러가 도입되었다. 본 연구에서는 도시지역인 서울과 국립공원 지역인 경주에서 계절별 채감시정 집중관측이 수행되었다. 2007년의 봄철 제1차 집중관측은 3월 12일부터 5월 9일까지 및 5월 19일부터 30일까지 59일 및 12일간 수행되었으며, 여름철 제2차 집중관측은 7월 6일부터 16일까지 11일간 수행되었고, 가을철 제3차 집중관측은 9월 29일부터 10월 8일까지 10일간 수행되었으며, 겨울철 제 4차 집중관측은 12월 15일부터 24일까지 10일간 수행되었다. 2008년의 봄철 제1차 집중관측은 4월 28일부터 5월 9일까지 12일간 및 여름철 제2차 집중관측은 7월 4일부터 9일까지 6일간 각각 수행되었다. 도시지역의 집중관측은 연세대학교에 위치한 시정관측소에서 수행되었으며, 국립공원지역의 집중관측은 경주국립공원 서악지구에 위치한 경주대학교의 에어로졸관측소에서 수행되었다. 연세대학교 시정관측소는 인구 및 교통이 밀집된 도심지역으로부터 약 500m 떨어진 장소에 위치하고 있으며, 경주대학교 에어로졸관측소는 도심으로부터 5km 떨어진 산 속에 위치하고 있다.

3. 결과 및 고찰

대기 중에 존재하는 입경이 $10\mu\text{m}$ 이상인 입자상 물질의 광산란효율은 $10\mu\text{m}$ 미만인 입자상 물질의 광산란효율보다 상대적으로 대단히 작다. 상대습도의 변화에 대한 광산란효율의 증가는 식 (1)에서와 같이 건조 조건에서의 광산란계수($b_{\text{scat}}(\text{dry})$)와 대기환경 조건에서의 광산란계수($b_{\text{scat}}(\text{RH})$)의 비인 $f(\text{RH})$ 로 나타낸다. 즉, $f(\text{RH})$ 는 입자상 물질이 지닌 고유한 광산란계수에 대하여 수분의 흡수로 크기가 성장된

입자에 의한 광산란계수의 크기의 변화를 나타낸다. $10\mu\text{m}$ 이하의 총 입자상 물질에 대한 $f(\text{RH})$ 는 IMPROVE 기관에 의하여 제시된 식으로 산출되었다.

$$f(\text{RH}) = \frac{b_{\text{scat}}(\text{RH})}{b_{\text{scat}}(\text{dry})} = \frac{b_{\text{scat}}(\text{RH})}{b_{\text{scat}, \text{dry} \text{PM}_{2.5}} + 0.6 \times ([\text{PM}_{10}] - [\text{PM}_{2.5}])} \quad (1)$$

여기서 $b_{\text{scat}}(\text{RH})$ 는 NGN-2 nephelometer를 이용하여 대기환경에서 측정된 습윤입자에 의한 광산란계수이며, $b_{\text{scat}, \text{dry} \text{PM}_{2.5}}$ 는 NGN-3 nephelometer를 이용하여 건조상태에서 측정된 $\text{PM}_{2.5}$ 에 의한 광산란계수이다. 조대영역 입자에 의한 광산란계수는 IMPROVE로부터 제안된 단위질량당 광산란효율을 기초로 하여 조대영역 입자의 질량농도에 광산란효율 $0.6\text{m}^2/\text{g}$ 를 곱하여 산출되었다. 이를 토대로 산출된 상대습도에서는 상대습도가 증가함에 따라서 $f(\text{RH})$ 는 기하급수적(exponential)으로 증가하는 것으로 분석되었다. 상대습도의 증가에 따른 입자상 물질의 광산란계수의 증가는 상대습도가 약 40%인 조건에서부터 관측되었다. $f(\text{RH})$ 값은 상대습도 40%에서 0.9~1.6, 상대습도 50%에서 1.0~1.9, 상대습도 60%에서 1.1~2.2, 상대습도 70%에서 1.3~2.5, 상대습도 80%에서 1.5~3.0, 상대습도 90%에서 2.0~4.8, 상대습도 95%에서 4~의 범위를 나타내었다. 동일한 상대습도에서 $f(\text{RH})$ 의 값이 서로 다르게 나타나는 것은 입자상 물질의 화학조성에 기인되기 때문이다. 입자상 물질 중 흡습성을 지니는 황산암모늄이나 질산암모늄 및 흡습성 유기물질의 총 질량에 대한 분율이 증가할수록 높은 $f(\text{RH})$ 값을 나타나게 된다. 본 연구에서 산출된 상대습도 변화에 따른 $f(\text{RH})$ 값의 범위가 표 1에 요약되었다.

Table 1. Variation of $f(\text{RH})$ with relative humidity suggested in this study.

Relative humidity (%)	$f(\text{RH})$
20	0.7~1.2
30	0.8~1.3
40	0.9~1.6
50	1.0~1.9
60	1.1~2.2
70	1.3~2.5
80	1.5~3.0
90	2.0~4.8
>90	4~

사 사

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로 지원받은 과제와(010020055) 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구이며(KRF-2007-313-D00419), 이에 감사드립니다.