

PA6) 서울지역 시정장애 현상의 계절별 광화학적 특성분석 Seasonal Optical and Chemical Characteristics of Visibility Impairment in Seoul

정진상¹ · Tsatsral Batmunkh · 김영준 · 김미진¹⁾ · 구자호¹⁾

김 준¹⁾ · 김경원²⁾ · 김태식³⁾

광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링 신기술연구센터

¹⁾연세대학교 대기과학과, ²⁾경주대학교 환경공학과, ³⁾경주대학교 정보통신과학과

1. 서 론

시정장애 현상은 대기 중에 존재하는 가스상 및 입자상 물질의 광학적 특성에 의하여 발생된다. 빛에 대한 에어로졸의 소멸현상은 주로 입자상 물질에 의하여 발생하며 소멸 특성은 입자상 물질의 광화학적 특성에 영향을 받는다(IMPROVE, 2006). 따라서 입자상 물질에 의한 빛 소멸현상을 정량화하기 위해서는 입자상 물질의 광화학적 특성분석이 선행되어야 한다. 입자상 물질의 광화학 특성은 계절별로 서로 다른 특성을 나타내기 때문에 계절별 특성파악도 필수적이다. 본 연구에서는 서울지역에서의 입자상 오염물질의 계절별 광화학적 특성 규명을 통한 시정장애 현상의 원인을 파악하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 종합적 시정관측을 실시간 및 준실시간 측정으로 시정변화 진단 및 예측기술 개발에 관한 측정 자료를 구축하기 위하여 광학적, 화학적, 영상학적 및 기상학적 시정 집중관측이 수행되었다. 시정 집중관측은 2007년 5월 19일부터 2007년 10월 8일까지 계절별 총 3회에 걸쳐 수행되었다. 봄철 제 1차 집중관측은 5월 19일부터 30일까지 12일간 수행되었으며, 여름철 제 2차 집중관측은 7월 6일부터 16일까지 11일간 수행되었고, 가을철 제 3차 집중관측은 9월 29일부터 10월 8일까지 10일간 수행되었다. 입경별로 포집된 PM_{1.0}, PM_{2.5}, PM₁₀ 에어로졸은 질량 분석(gravimetric analysis), 원소 분석(elemental analysis), 이온 분석(ionic analysis) 및 탄소 분석(carbonaceous analysis)이 수행되어 각 화합물에 대한 정성적 및 정량적 결과가 도출되었다. 광학적 관측은 광소멸계수(light extinction coefficient), 광산란계수(light scattering coefficient), 광흡수계수(light absorption coefficient)를 transmissometer, nephelometer, aethalometer 등의 관측 장비를 사용하여 정량하는 과정으로 수행되었으며, 동시에 상대습도(relative humidity), 기온(air temperature), 풍속(wind speed) 등의 기상 관측 자료가 수집되었다.

3. 결과 및 고찰

표 1에는 계절별 집중관측 기간 동안의 주요 조성별 평균 질량농도를 나타낸다. 봄철 집중관측 기간 동안에는 평균 N₂O, NH₃, O₃, EC, FS, SS, CM의 농도가 각각 11.9±12.9, 5.7±5.2, 7.2±3.3, 2.9±1.4, 9.0±10.8, 2.2±1.2, 34.0±36.7µg/m³로 측정되었다. 봄철의 경우 N₂O, FS, O₃ 순으로 각각 31%, 25%, 20%로 미세입자 중 차지하는 비율이 높은 것으로 나타났다. 여름철 집중관측 기간 동안에는 평균 N₂O, NH₃, O₃, EC, FS, SS, CM의 농도가 각각 6.0±7.9, 3.7±4.5, 5.6±4.3, 1.7±1.0, 6.0±5.5, 2.9±1.4, 24.7±16.2µg/m³로 측정되었다. 여름철의 경우도 봄철과 비슷한 양상을 나타내었지만 N₂O, FS, O₃가 각각 27%, 26%, 24%로 미세입자 중 차지하는 비율이 비슷하게 나타났다. 가을철 집중관측 기간 동안에는 평균 N₂O, NH₃, O₃, EC, FS, SS, CM의 농도가 각각 4.9±2.2, 2.4±1.0, 5.9±1.9, 2.3±0.8, 4.2±1.7, 2.3±1.5, 18.0±6.6µg/m³로 측정되었다. 가을철의 경우도 미세입자 중 중심 되는 세 가지 조성물질이 차지하는 비율이 비슷하나 O₃의 비중이 소폭 증가하여 O₃, N₂O, FS 순으로 각각 30%, 25%, 21%로 나타났다. 2차 생성 유기탄소의 지표가 되는 유기탄소(OC)와 원소탄소(EC)의 비는 봄철, 여름철, 가을철이 각각 평균 1.4, 1.8, 1.4로 산출되었다. 여름철의 경우 높은 온도와 태양 복사에너지로

인한 광화학 반응으로 상대적으로 많은 양의 2차 유기탄소가 생성되었기 때문에 높은 OC/EC 비가 관측되었다.

Table 1. Mass concentration of aerosol components in PM_{2.5} and PM₁₀ for each intensive monitoring period.

Year	IMP	Season	Fine (0~2.5 μ m)						Coarse (2.5~10 μ m)
			NHSO	NHNO	OMC	EC	FS	SS	CM
			(Small+Large mode)						
μ g/m ³									
2007	1 st	Spring	11.9 \pm 12.8	5.7 \pm 5.2	7.2 \pm 3.3	2.9 \pm 1.4	9.0 \pm 10.8	2.2 \pm 1.2	34.0 \pm 36.7
	2 nd	Summer	6.0 \pm 7.9	3.7 \pm 4.5	5.6 \pm 4.3	1.7 \pm 1.0	6.0 \pm 5.5	2.9 \pm 1.4	24.7 \pm 16.2
	3 rd	Fall	4.9 \pm 2.2	2.4 \pm 1.0	5.9 \pm 1.9	2.3 \pm 0.8	4.2 \pm 1.7	2.3 \pm 1.5	18.0 \pm 6.6

전체 집중 관측 기간 동안 각 조성별 광소멸계수의 기여도는 NHSO, NHNO, EC, OMC, CM, FS 순으로 각각 약 39%, 18~25%, 13~16%, 12~15%, 7~10%, 3~4%로 산출되었다. 각 계절별 시계열 변동 특성을 살펴보면 시정이 좋은 사례인 광소멸계수가 작은 조건에서는 OMC 및 EC 탄소성 입자상 물질의 광소멸계수에 대한 기여도가 상대적으로 큰 것으로 나타났고, 시정이 나빠질수록 2차 생성물질인 NHSO, NHNO의 기여도가 증가하는 것으로 분석되었다. 총 PM₁₀ 질량 중 PM_{2.5} 입자가 차지하는 비율은 전체관측 기간 동안 50~60% 사이를 나타내었지만 실제 광소멸계수에 대한 기여율은 약 90% 이상인 것으로 조사되어 PM_{2.5} 입자가 시정악화의 대부분을 기여하는 것으로 분석되었다. 흡습성을 띄는 황산암모늄과 질산암모늄에 의한 광산란량의 증가의 기여도는 봄철, 여름철, 가을철 시정 집중관측 기간에 측정된 자료에 대하여 각각 약 19%, 29%, 28%로 계산되었다. 봄철 시정 집중관측 기간 동안 광소멸계수 중 상대습도에 의한 영향은 약 31% 이었으며, 성분별로는 황산암모늄에 의한 상대습도의 영향이 12%, 질산암모늄에 의한 상대습도의 영향이 11%, 해염 입자에 의한 상대습도의 영향이 1%인 것으로 조사되었다. 여름철과 가을철 시정 집중관측 기간 동안에는 두 흡습성 오염물질의 기여도가 더욱 커졌다. 황산암모늄에 의한 상대습도의 영향은 15~16%, 질산암모늄에 의한 상대습도의 영향은 8~9%, 해염 입자에 의한 상대습도의 영향은 4~5%를 나타내었다. 결과적으로 시정 집중관측 기간에 서울시 시정관측소에서 측정된 여름철과 가을철의 시정감쇄의 원인 중에서 상대습도에 의한 광산란의 증가로부터 기인된 기여도가 약 29%를 차지한 것으로 분석되었다.

사 사

본 연구는 환경부의 차세대 핵심환경기술개발사업(The Eco-technopia 21 Project)의 지원으로 인하여 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

IMPROVE (2006) Spatial and Seasonal Patterns and Temporal Variability of Haze and its Constituents in the United States:Report IV(is available on <http://vista.cira.colostate.edu/improve/Publications/Reports/2000/2000.htm>).