

1B3) 체감시정 모사의 물리적 및 화학적 분석 알고리즘 특성 Physical and Chemical Characteristics of Analytic Algorithms for Perceived Visibility Modeling

김경원 · 김영준¹⁾ · 정진상¹⁾

경주대학교 환경계획학전공,

¹⁾광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링신기술 연구센터

1. 서 론

시정장애 현상에 대한 연구는 지역적 특수성을 지닌 세계 각국의 여러 장소에서 수십 년간 수행되었다. 도시지역은 생활환경의 개선을 추구하기 위하여, 국립공원지역은 관광환경의 개선을 지향하기 위하여 시정장애 원인물질에 대한 광학적 및 화학적 특성이 파악되었다. 2000년대 서울의 시정거리는 10km 안팎을 나타내고 있으며, 주요 광역시의 시정거리도 15km 수준에 불과한 형편에 이르렀다. 시정장애 현상은 지역민에게 쾌적한 전경을 즐길 수 없는 불쾌한 삶을 유발시켰으며, 사회적 요구는 대기질의 개선을 효과적으로 달성할 수 있는 일반적인 지표에 관심을 부여하였다. 선진국에서는 환경보전에 대한 경제적 이해와 국민적 공감대가 원숙하여 시정의 관리를 통해 삶의 질을 향상시킬 뿐만 아니라 자연환경의 보존까지 추구하는 위상을 나타내었다. 우리나라에서도 건전한 대기환경을 관리하기 위하여 궁극적으로 시정을 개선하고자 하는 의지를 나타내고 있다. 이러한 연유로 최근 도시지역의 저시정 현상을 개선함으로써 삶의 질을 향상시키기 위한 연구가 수행된 바 있다. 체감시정의 변화는 대기오염물질의 농도의 변화와 직접적인 연관성을 지니고 있으며, 국민들도 쉽게 이해할 수 있는 대기질의 변화이다. 본 연구에서는 시정의 변화를 유발시키는 에어로졸의 광학적, 화학적 및 색채학적 특성을 토대로 체감시정의 변화를 모사할 수 있는 분석 알고리즘이 조사되었다.

2. 연구 방법

도시지역인 서울과 국립공원 지역인 경주에서 에어로졸 집중관측이 계절별로 각각 수행되었다. 도시지역의 집중관측은 연세대학교에 위치한 시정관측소에서 수행되었으며, 국립공원지역의 집중관측은 경주국립공원 서악지구에 위치한 경주대학교의 에어로졸관측소에서 수행되었다. 집중관측 기간 동안 URG사 VAPS 2000J 샘플러와 PM_{1.0}, PM_{2.5} 및 PM₁₀ 사이클론을 이용하여 각각 초미세입자(D_p<1.0 μ m), 미세입자(D_p<2.5 μ m), 조대입자(2.5<D_p<10 μ m) 및 PM₁₀ 입자(D_p<10 μ m)가 각각 채집되었다. 국립공원지역의 집중관측 기간 동안 대기 중 에어로졸은 24시간 간격으로 필터에 채집되었으며, 도시지역의 집중관측 기간 동안에는 2시간(오전 8시~오후 6시) 및 14시간(오후 6시~오전 8시) 간격의 준실시간(semi-continuous) 간격으로 필터에 채집되었다. 채집된 에어로졸은 원소분석 및 이온분석이 수행되었다. PIXE(proton induced X-ray emission) 분석법을 이용한 원소분석에서의 장애유발 요소를 줄이기 위하여 47mm-0.4 μ m-pore polycarbonate 필터가 사용되었다. 원소분석은 서울대학교 기초과학공동기원의 정전가속기연구센터에서 운영 중인 Tandem Van de Graaff 정전형 양성자가속기로부터 이온원(ion beam)을 획득하여 Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Se, Cd, Pb의 15개 항목이 정량되었다. 이온분석은 경주대학교 대기환경연구실에서 GAT(Gamma Analysen technik GmbH)사 model DKK-TOA IA-300 이온크로마토그래피(ion chromatography)를 사용하여 Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, PO₄³⁻, F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ 이온이 정량되었다. 동시에 디지털 카메라를 이용하여 측정시의 대기조건이 JPEG 포맷의 영상으로 촬영되었으며, 상대습도, 풍향, 풍속 등의 기상자료는 기상청의 관측 자료가 사용되었다. 광소멸 산정식은 측정 및 분석된 에어로졸의 광학적 및 화학적 특성을 토대로 시정장애를 유발시키는 대기오염물질의 단위 질량당 광감쇄효율(light attenuation efficiency) 및 습윤입자의 물리적 성장에 의한 광산란효율(light scattering efficiency)의 변화에 관한 함수로 구성되었다.

광소멸 산정식은 시정장애를 유발시키는 대기오염물질을 황산암모늄, 질산암모늄, 유기물, 원소탄소, 미세토양입자, 조대입자, 해염, 이산화질소 등으로 분류되어 각 화합물에 의한 빛의 산란 및 흡수 효율이 고려되었다. 다변량선형회귀분석은 선형성이 우선적으로 고려되었으며, 비선형 함수인 상대습도 변화에 따른 입자의 산란효율의 변화에 관계된 함수는 상수화 되고 모든 변수가 선형의 성질을 나타내는 함수로 가정되어 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

신뢰도 95%에서 계산된 자유도(df)와 F 검정값(F-value)은 표 1에서와 같이 각 사례에 대하여 163 및 3.9로 계산되었다. PM_{1.0}, PM_{2.5} 및 PM₁₀ 각 사례에 대한 결정계수(r^2)는 각각 0.85, 0.81 및 0.81로 산출되었다. PM_{1.0}, PM_{2.5} 및 PM₁₀의 질량농도에 대한 광소멸효율인 $M_{PM1.0}$, $M_{PM2.5}$ 및 M_{PM10} 의 상수(C) 값은 각각 8.6, 4.5 및 2.7m²/g로 산출되었으며, 표준오차는 각각 1.1, 0.9 및 0.4로 산출되었다. 그림 1에서와 같이 입자상 물질의 질량농도와 상대습도에 의한 광산란계수의 증가율이 고려된 광소멸계수는 측정된 광소멸계수에 대하여 0.81~0.85 범위의 상관계수를 나타내었다.

Table 1. Results of linear regression analysis for PM_{1.0}, PM_{2.5}, and PM₁₀.

Case	r^2	df	F-value	Constant	
				C	M_i
PM _{1.0}	0.85	163	3.9	C	8.6
				SE	1.1
PM _{2.5}	0.81	163	3.9	C	4.5
				SE	0.9
PM ₁₀	0.81	163	3.9	C	2.7
				SE	0.4

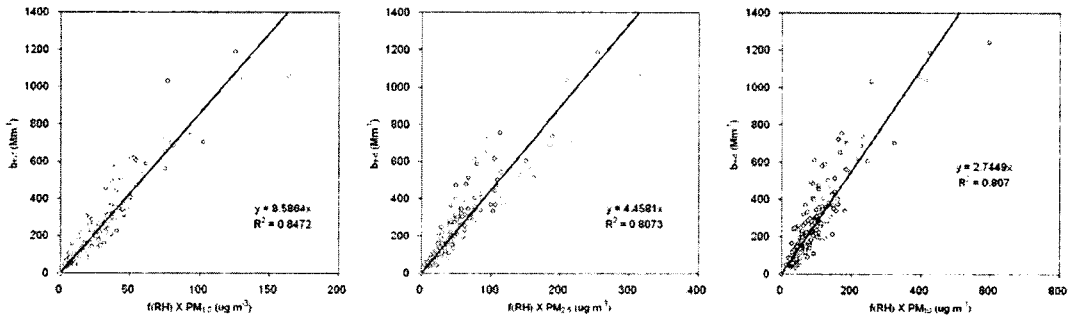


Fig. 1. Scatter plot between b_{ext} and PM mass multiplied hygroscopic growth function of RH.

사 사

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로 지원받은 과제와(010020055) 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발 프로그램의 일환으로 추진 중인 양성자기반공학기술개발사업의 이용자프로그램의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.