

SM18) 광주시 도심지역 시정감쇄현상의 계절적 특성

Seasonal trends in Visibility Impairment in the Urban Atmosphere of Kwangju

김경원 · 오승진 · 이권호 · 김영준 · 김문옥¹⁾

광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링신기술연구센터, ¹⁾광주지방기상청 기후과

1. 서론

인위적인 에어로졸의 배출은 현대 산업발전과 급속한 도시화로 인해 가증되었으며, 인체 위해성이 높을 뿐만아니라, 도시지역의 시정감쇄에도 크게 기여한다. 우리 나라에서 시정(visibility)에 대한 연구가 시작된 것은 지난 1980년 후반이었으며, 최근에 이르러 광학적인 연구가 함께 병행됨으로써 보다 과학적이며 체계적인 연구 성과를 얻고 있다. 시정감쇄 현상은 대기오염을 가시적으로 확인할 수 있는 지표 중 하나로서 대기질의 광화학적 및 기상학적 변화에 따라 크게 영향을 받는다. 빛의 산란과 흡수에 의한 대기오염 효과는 도시지역 대기 특성상 비도시지역에 비하여 두드러지게 나타난다. 도시지역의 대기는 거대입자에 비하여 미세입자가 지배적으로 존재하는 특성을 지니고 있으며, 시정감쇄는 주로 이런 미세입자(PM_{2.5})에 의하여 유도되고 있다.

시정감쇄를 유도하는 미세입자의 광화학적 특성은 입자의 크기, 질량농도 및 화학적 조성 등에 의존한다. 시정거리(visual range)는 인간의 대조한계에 대한 소멸계수의 함수로서, 각 오염원의 질량농도(mass concentration)와 소멸효율(extinction efficiency)의 곱인 소멸계수로 표현되며, 서로 반비례 관계를 이루고 있다. 따라서 시정거리 변화에 따른 입자상 및 가스상 물질의 농도 변화에 대한 올바른 해석이 필요하다. 또한 입자 산란에 지배적인 영향을 미치는 sulfate와 nitrate ion에 대한 ammonium ion의 중화 정도를 비교함으로써 에어로졸의 화학적 성상을 조사할 필요가 있다. 본 연구는 1999년 6월부터 2000년 3월까지 지속적인 시정 모니터링을 통하여 광주시의 시정감쇄현상의 계절별 특성을 조사하였다.

2. 연구방법

광주 도시지역의 시정감쇄 현상을 조사하기 위하여 설치된 시정관측소는 Transmitter site(제1관측소)와 Receiver site(제2관측소)로 구성되어 있으며, 두 관측소간의 거리는 1.91km이다. Optec사 Model LPV-2 transmissometer는 Modtran3 program과 ND-filter 방법으로 검정하여 calibration number 183를 사용하였다. Belfort Model 1597 nephelometer는 암전류(dark current)와 zero-pot이 $\pm 0.012V$ 가 되도록, CFC-12 span-pot이 1.880V (Rayleigh scattering: 84m)가 되도록 증폭비를 조절하여 검정하였다. Magee Scientific Model AE-14U aethalometer는 4lpm의 유량으로 PM_{2.5}입자만을 포집할 수 있도록 도입부를 설계하여 열산화망간법(TMO, Thermal Manganese Oxidation)으로 분석된 원소탄소의 농도와 비교 검토하였다. 검정되어진 transmissometer, nephelometer, aethalometer의 광학계는 실시간 1분간격으로 각각 소멸계수(extinction coefficient), 산란계수(scattering coefficient), 흡수계수(absorption coefficient)를 측정하도록 조정되었다. Automatic visual camera는 매일 오전 8시부터 오후 6시까지 2시간 간격으로 6컷트 씩 광주시 도심의 시정변화를 촬영하여 슬라이드 필름으로 현상 보관되었다. 측정기간 동안 에어로졸 모니터링은 URG-2000J VAPS와 WINS를 사용하였다. 입자상 NO₃⁻ ion의 분석을 위하여 Gelman사 47mm 1 μ m pore Nylon filter가 사용되었으며, Costar사 47mm 0.4 μ m pore Nuclepore(polycarbonate) filter로 coarse particle을, Whatman사 4.7mm Quartz microfibre filter로 미세탄소입자를 포집하였다. 가스상 물질의 포집은 242mm annular denuder와 150mm annular denuder로써 각각 산성가스(SO₂ & HNO₃)의 포집을 위해서는 1%Na₂CO₃+1%glycerin+(H₂O+CH₃OH)을 함침액으로 사용하였으며, 암모늄이온(NH₄⁺)은 1% citric acid+1% glycerin+(H₂O+CH₃OH)을 함침액으로 사용하였다. WINS sampler는 fine particle의 질량 농도 및 원소분석(elemental analysis)을 위하여 Gelman사 47mm 2 μ m pore Teflo filter를 사용하였다. 포집시간은 기상변화에 따른 빠른 시정 변화를 고려하여 2시간 4시간 12시간 측정의 3가지 방법을 사용하였다.

원소분석(element analysis)은 기초과학연구소 중앙분석기기부 동위원소그룹에서 왕수법으로 추출하여 ICP/MS와 ICP/AES의 두가지 방법으로 Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Pb를 정량하였다. 이온분석(ion analysis)은 Dionex-120 IC(Ion Chromatograph)를 사용하여 광주과학기술원에서 분석되었으며, 탄소성분(유기 및 원소탄소)의 분석은 열산화망간법(TMO, Thermal Manganese Oxidation)에 의해 미국 AtmAA사에 의해 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 99년 여름(7월12~22일), 가을(1차:9월14~17일, 2차:11월23~26일), 2000년 겨울(1차:1월17~22일, 2차:2월21~26일), 봄(황사:3월24~30일)에 각각 모니터링 된 광주시 미세입자 및 거대입자의 농도와 PM10에 대한 미세입자의 비 나타낸다. 미세입자의 분율은 일일변화에서 있어서 야간이(여름철:18:00~06:00, 겨울철:19:00~07:00) 주간(여름철:06:00~18:00, 겨울철:07:00~19:00)보다 약 45% 높은 결과를 나타내었으며 그 결과 시정거리도 야간이 주간보다 약 35% 하위하는 결과를 나타내었다. 이런 현상은 복사역전에 의하여 밤동안 안정화된 대기가 오염물질을 지표로 혼중시키는 기상학적 현상에 의한 결과이다. 계절적 변화에 있어서 여름 73.0%, 가을 76.3%, 겨울 48.1%, 봄(황사기간) 25.2%를 나타내었다. 연중 여름 및 가을철이 미세입자의 기여도가 높았으며, 겨울이 상대적으로 낮게 관측되었다. 여름철 비교적 높은 상대습도는 가을철 대기 조건에 비하여 빛의 산란 효과를 더욱 증가시켰다. 또한 황사의 영향에 의하여 봄철 미세입자의 분율은 연중 최저였으나, 다량의 거대입자에 의하여 시정거리가 극도로 악화되는 현상을 나타내었다. 따라서 시정감쇄는 빠르게 변하는 기상학적 요소를 충분히 고려하여야 한다.

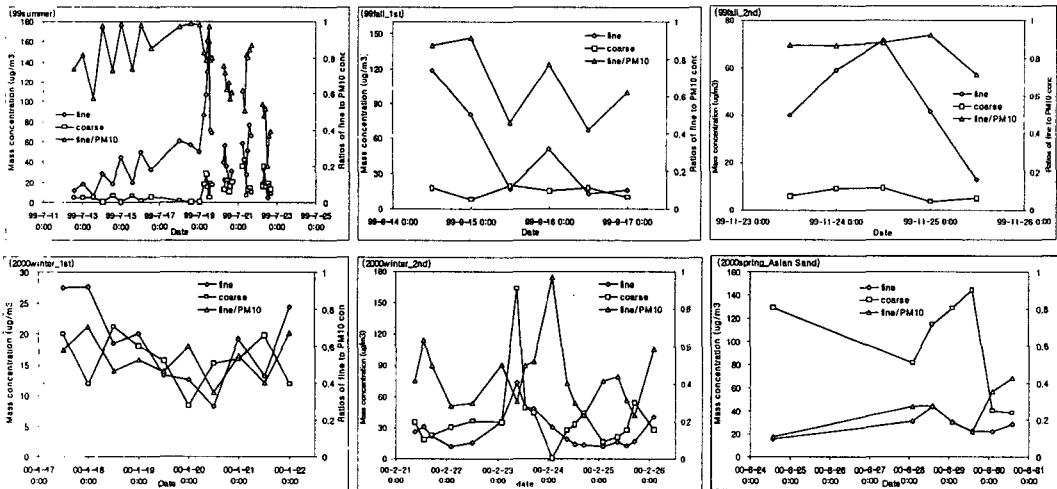


Fig. 1. Seasonal trend of fine and coarse particle concentration and the ratio(fine/PM10) in Kwangju.

4. 사사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링신기술연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

참고 문헌

- Malm, W.C., Mauch, L., Molenaar, J.V., and Sisler, J.F.(1990) Assessing the Improvement in Visibility of Various Sulfate Reduction Scenarios. "Visibility and Fine Particles," A Transactions of the Air & Waste Management Association edited by C.V. Mathai.
- M.L. Pitchford, M.C. Green, H.P. Kuhns, I. Tombach, W.C. Malm, M. Scruggs, R.J. Farber and V. Mirabella (1999) Project MOHAVE Final Report, 5-1~5-14
- IMPROVE (1993) Spatial and Temporal Pattern and the Chemical Composition of the Haze in the United States, 4-1~4-9