

PA43) 광학적으로 측정된 시정과 광소멸 산정식을 이용하여 모사된 시정 간의 비교

Comparison between Optically Measured Visibility and Simulated Visibility Using a Light Extinction Budget Equation

김경원 · 이광열¹⁾ · 김영준¹⁾

경주대학교 환경에너지학과,

¹⁾광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링신기술 연구센터

1. 서 론

시정(visibility)은 인간이 바라볼 수 있는 거리의 개념으로부터 관측법 또는 보고법에 따라 분류되어 방법에 따라 각각 기록될 수 있다. 시각적인 시정 관측은 태양의 고도, 관측자의 위치, 관측방향에 따라 적지 않은 차이를 나타낸다. 따라서 같은 날의 시정은 상기 방법에 따라 다른 값으로 기록될 수 있다. 광학적으로 측정된 시정 역시 에어로졸의 공간적인 비균질성 및 미측정 구간에 대한 가정 등의 한계성을 지니고 있다. 결과적으로 장거리 시정에 대하여 절대적으로 시정거리를 비교할 수 있는 기준을 마련하는 것은 대단히 어려운 과업이라 할 것이다. 그럼에도 불구하고 시정의 진단에 대한 연구의 필요성은 매우 중요한 과제이다. 시정의 관리는 공공기관에서 수행되므로 현업에 적용할 경우에 요구되는 표준화된 절차가 준비되어야 한다. 본 연구에서 수행된 시정모사의 분석 알고리즘은 광소멸 산정식(light extinction budget equation)으로부터 도출되므로 계산된 결과와 측정된 결과 사이의 상관성에 대한 조사는 필수적이다. 시정모사 및 측정에 관한 표준화는 두 요소 간의 관계를 정립하는 것으로부터 비롯될 수 있다. 시정모사 프로그램에서 모사하는 시각적 시정(visual visibility)과 계산된 광학적 시정(calculated optical visibility)이 측정된 광학적 시정(measured optical visibility)과 일치하는 정도를 파악하는 것이 먼저 수행되어야 하며, 광학적 측정이 지닌 한계성에 대한 검토를 토대로 이를 수용할 수 있는 방법 또는 범위를 제시할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 시정모사 프로그램의 광소멸 산정식으로부터 계산된 시정과 광학적으로 측정된 시정간의 상관성에 대한 연구가 수행되었다.

2. 연구 방법

도시지역의 집중관측은 연세대학교에 위치한 시정관측소에서 수행되었으며, 국립공원지역의 집중관측은 경주국립공원 서악지구에 위치한 경주대학교의 에어로졸관측소에서 수행되었다. 2007년의 봄철 제 1차 집중관측은 3월 12일~5월 9일 및 5월 19일~30일까지 수행되었으며, 여름철 제 2차 집중관측은 7월 6일~16일까지 수행되었고, 가을철 제 3차 집중관측은 9월 29일~10월 8일까지 수행되었으며, 겨울철 제 4차 집중관측은 12월 15일~24일까지 수행되었다. 2008년의 봄철 제 1차 집중관측은 4월 28일~5월 9일까지, 여름철 제 2차 집중관측은 7월 4일~9일까지, 가을철 제 3차 집중관측은 10월 17일~24일까지 각각 수행되었다. 2009년의 봄철 제 1차 집중관측은 5월 8일~19일까지 수행되었다. 대기 중의 에어로졸에 의한 광학적 변화량은 Optec Inc.사 LPV-2 transmissometer, NGN-2 및 NGN-3 nephelometer를 이용하여 측정되었고 광흡수계수는 Magee Scientific사 AE-16U aethalometer가 도입되었다. 집중관측 기간 동안 URG사 VAPS 2000J 샘플러와 PM₁₀, 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. 대기 중 에어로졸은 2 시간(오전 8시~오후 6시) 및 14 시간(오후 6시~오전 8시) 간격의 준실시간(semi-continuous) 간격으로 필터에 채집되었다. 채집된 에어로졸은 PIXE(proton induced X-ray emission) 분석법, 이온크로마토그래피법 및 TOT(thermal optical transmittance) 분석법을 이용하여 원소분석, 이온분석 및 탄소분석이 각각 수행되었다. 시정모사를 위하여 수행된 다변량선형회귀분석은 12개의 변수 중 선형성이 우선적으로

고려되었으며, 비선형 함수인 상대습도 변화에 따른 입자의 산란효율의 변화에 관계된 함수는 상수화되고 모든 변수가 선형의 성질을 나타내는 함수로 가정되어 회귀분석으로 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 도시지역 및 국립공원지역에 적합한 광소멸 산정식을 다변량선형회귀분석을 통하여 도출함으로써 광소멸 산정식에 의하여 모사된 광소멸계수(light extinction coefficient) 값과 광학적으로 측정된 광소멸계수 값 간의 상관성에 대한 검토가 수행되었다. 도시지역의 광소멸 산정식은 회귀분석 분류 제 22 사례에 해당하는 조건에서 결정계수가 0.773으로 가장 높았으며, 국립공원지역의 광소멸 산정식은 제 30 사례에 해당하는 조건에서 결정계수가 0.769로 가장 높았다. 사례 30의 클러스터는 사례 22의 클러스터와 비교하여 OMC(organic mass by carbon)의 산정에 있어서 OC(organic carbon)의 단위질량당 광산란효율이 약 30% 크게 고려되었다. NH_4SO_4 , NH_4NO_3 , OMC_s , EC_s , SS_s , SD , NH_4SO_f , NH_4NO_f , OMC_f , EC_f , SS_f , FS , NH_4SO_c , NH_4NO_c , OMC_c , EC_c , SS_c , CD 에 대한 도시지역의 계수는 각각 2.7, 3.1, 3.2, 10, 1.7, 1.1, 5.9, 5.3, 6.1, 10, 1.7, 1.0, 5.8, 5.0, 6.2, 10, 1.7, 1.0이었으며, 국립공원지역의 계수는 각각 2.6, 2.9, 3.3, 10, 1.7, 1.1, 5.7, 5.4, 6.0, 10, 1.6, 1.0, 5.7, 5.2, 6.1, 10, 1.7, 0.9이었다. 광학적으로 측정된 광소멸계수와 광소멸 산정식을 이용하여 모사된 광소멸계수 간의 산포도를 그림 1에 나타내었다.

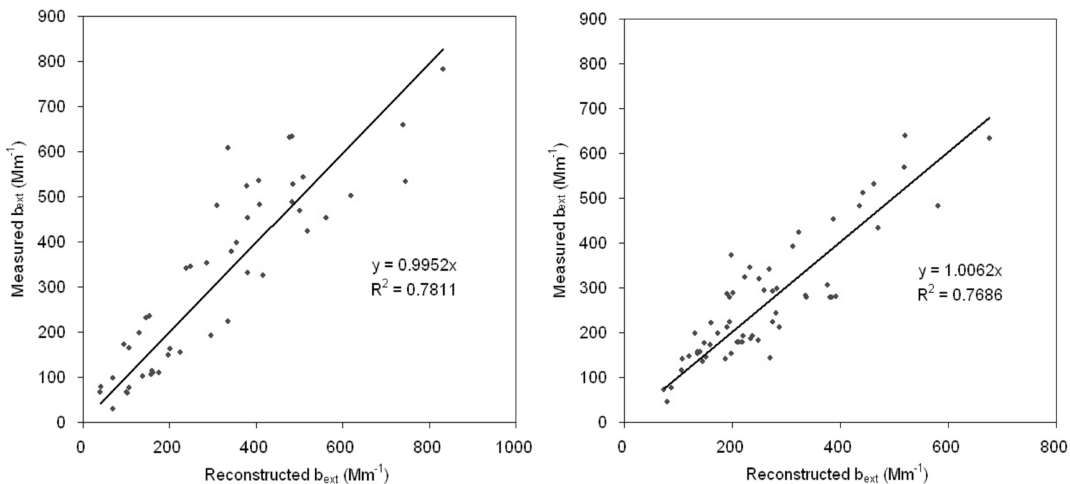


Fig. 1. Scatter plot between measured b_{ext} and reconstructed b_{ext} using light extinction budget equations(left: Seoul, right: Gyeongju).

사 사

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로 지원을 받아 수행된 과제(010020055)이며, 이에 감사드립니다.