

## 4C4) MODIS 위성영상 자료를 이용한 한반도지역 PM10 농도 산출

### PM10 Concentration Retrieval over Korea using MODIS Satellite Remote Sensing Data

이동하 · 이권호 · 김영준

광주과학기술원 환경공학과, 환경모니터링 신기술 연구센터

#### 1. 서 론

대기 에어로졸은 지구 환경에 직·간접적으로 영향을 미칠 뿐만 아니라 시정거리를 감소시키고, 식물이나 건물에 악영향을 미친다. 특히 인간의 호흡기를 통한 유입으로 인하여 호흡기 질환뿐만 아니라 각종 질병을 유발하는 오염물질이다. 현재 우리나라에서도 PM(Particulate Matter)에 대한 지상 측정이 실시간 이루어지고 있는 있다. 이러한 PM에 대한 규제는 지구환경변화의 문제뿐만 아니라 지역 주민들에 미치는 영향이 크므로 점차 규제가 강화되고 있는 상황이다.

위성 영상 자료를 이용한 대기 에어로졸에 관한 연구는 광역적인 에어로졸 분포 양상과 장거리 이동 특성 파악에 용이한 장점으로 널리 이용되고 있다(Kaufman et al., 2002). 이러한 장점을 이용하여 위성 자료를 이용한 대기질 평가 및 대기질 예보에 관한 연구는 현재 위성 보유국을 중심으로 국외에서 많이 이루어지고 있다(Al-Saadi et al., 2005). 하지만, 지표면에서 측정되는 PM 농도와 비교를 위하여서는 대기 전체 컬럼에 대한 에어로졸 농도 계산으로부터 지표면 PM 농도로의 환산이 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 위성 영상자료를 이용하여 지표면의 PM 농도를 계산하고 지상 자료와의 비교를 하였다.

#### 2. 연구 방법

Kokhanovsky et al. (2006)에서 보고 된 바와 같이, mono-modal 크기 분포를 적용하여 유효반경( $r_{eff}$ : Effective radius)과 고정된  $\sigma=0.8326$ 을 이용하여 PM10 농도를 MERIS 위성을 이용하여 처음으로 계산하였다. 본 연구는 앞서 제시된 논문을 기초로 하여 MODIS 500m<sup>2</sup> 해상도의 위성 자료를 이용하여 한반도 지역의 PM10 농도를 산출하였으며 지상 관측 자료와 비교하였다. 위성 영상자료는 수정된 BAER 알고리즘(이권호, 2005)을 이용하여 맑은 날(2005년 4월 16일) AOT(Aerosol Optical Thickness)와 Angstrom Exponent (Alpha)를 산출하였다. PM10 산출에 있어서 Alpha는 파장별 특징에 따른 입자 크기 분포의 정보를 제공하는 중요한 인자로서 주로 Alpha값이 클수록 작은 입자들이, 클수록 큰 입자들이 존재한다. 이를 이용하여 파장별 AOT를 산출하고 각 파장별 특성을 바탕으로 컬럼 에어로졸 부피 농도를 산출하고 최종적으로 지표에 대한 PM 질량 농도를 산출하였다.  $r_{eff}$ 와 Average extinction efficiency factor ( $\langle Q_{ext} \rangle$ )를 계산하기 위해서 미 산란이론(Mie theory)을 이용하였다.  $r_{eff}$ 와  $\langle Q_{ext} \rangle$ 은 Alpha에 대한 함수 관계로서 에어로졸 컬럼 농도를 산출하는데 중요한 요소이며 PM10 농도를 계산하는데 기초가 되는 파라미터이다. 또한 지표면 상의 PM10 농도를 산출함에 있어서 에어로졸 분포 비율과  $H_{PBL}$  (Height of Planetary Boundary Layer)의 정보가 필수적이다. 본 연구에서는 맑은 날의 경우 약 90%의 에어로졸이 PBL내에 있다고 가정하였고, 기상관측 자료를 이용하여 PBL을 추정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은  $r_{eff}$ 와  $\langle Q_{ext} \rangle$ 의 Alpha에 대한 함수 관계를 나타내었다. MODIS의 465nm, 550nm, 645nm의 AOT를 이용하여 산출된 Alpha값을 그림 1과 같이 미리 계산된 식을 이용하여  $r_{eff}$ 와  $\langle Q_{ext} \rangle$ 를 산출하였고 이를 Mono-modal 크기 분포( $\sigma=0.8326$ )로 PM10 농도를 산출하였다. 본 연구에서는 지표반사도를 추정함에 있어서 4월 한 달 동안의 최소 TOA(Top Of Atmosphere) 반사도를 이용하는 최소반사도법

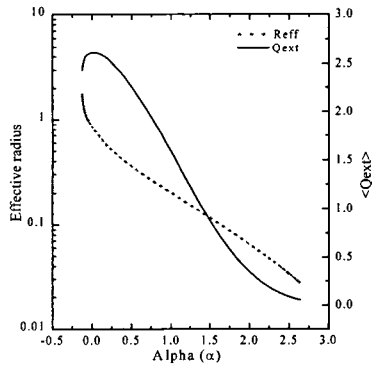


Fig. 1. Relationship between Effective radius and average extinction efficiency factor ( $\langle Q_{ext} \rangle$ ) as a function of Angstrom exponent ( $\alpha$ ).

(Minimum Reflectance Method)을 사용하였다. 그림 2는 한반도 지역의 4월 16일 지표반사도, AOT, MODIS로 계산된 PM10 농도를 각각 나타내었다. 그림 1의 범위를 벗어나는 자료의 경우 0으로 처리하였으며 한반도 전역에 대한 MODIS PM10 농도는 대략  $30\text{--}80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위 내에서 주로 나타났다. 이처럼 위성 자료를 이용하여 한반도 전역에 대한 PM10 농도 분포를 파악할 수 있었다. 향후 좀 더 정확한 PM10 농도 산출을 위하여, 지상 측정 장비와의 비교분석을 통한 검증 및 불확실 요소의 제거를 통한 신뢰성 향상이 요구된다.

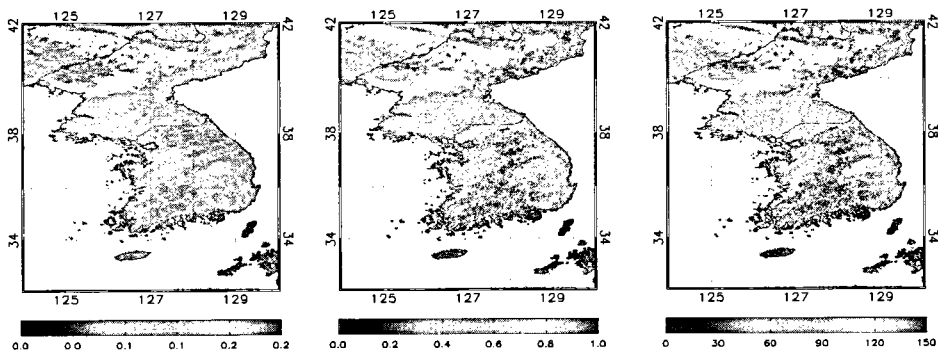


Fig. 2. Second minimum surface reflectance (left), AOT at 550nm (middle), and MODIS retrieved PM10 concentration (right) respectively over Korea, on 16th April, 2005.

#### 참 고 문 헌

- 이권호 (2005) Characterization of Regional Atmospheric Aerosol Based on Satellite Observations, Dissertation for Degree of Ph. D., Gwangju Institute of Science and Technology.
- Al-Saadi, J., et al. (2005) Improving national air quality forecasts with satellite aerosol observation. Bull. Am. Meteorol. Soc. 9, 1249-1261.
- Kaufman, Y. J., D. Tanre, and O. Boucher (2002), A satellite view of aerosols in the climate system, Nature, 419, 215-223.
- Kokhanovsky A. A. et al. (2006) Atmospheric aerosol load as derived from space, Atmospheric Research, 81, 176-185.