

1A4) **인공위성과 지상 관측자료를 이용한 2004년 6월 중국 동부 지역의 대기 오염 모니터링**

Air Pollution Monitoring by Using Satellites and Ground Based Measurements in the East China during June 2004

이권호 · 김정은 · 노영민 · 정진상 · 김영준

광주과학기술원 환경공학과, 환경모니터링 신기술 연구센터

1. 서 론

대기 중의 에어로졸은 지구-대기 시스템에 직접효과(direct effect)와 간접효과(indirect effect)로 불리는 복사효과를 나타내어 지구복사수지에 영향을 미치는 인자이다. 또한 대기 중에서 비교적 짧은 체류시간과 공간적인 변화성으로 인하여 지역적인 효과가 매우 크게 일어남에도 불구하고 그 효과가 정확히 알려져 있지 않다 (IPCC, 2001). 따라서 지역적인 규모의 에어로졸의 복사특성 관측이 중요한 요소가 되었다. 이러한 연구의 일환으로 수행된 일련의 프로젝트들은 TARFOX(Tropospheric Aerosol Radiative Forcing Observational Experiment; Russel et al., 1999), INDOEX(Indian Oceanic Experiment) 등이 있었으며, 국내에서도 2001년 ACE-Asia(Aerosol Characteristic Experiment-Asia)가 수행되었다. 한반도는 편서풍의 이동로에 위치하고 있으므로 대륙으로부터 발생하는 황사 및 여러 가지 대기오염물질의 영향을 받고 있다. 특히 2004년 6월에 인공위성자료를 통하여 관측된 중국 동북부지역의 여러 화재로 인한 스모크 에어로졸은 한국의 대기질에 대한 기여도가 클 것으로 예측된다. 따라서 본 연구에서는 인공위성자료와 지상관측자료를 이용하여 중국 동북부 및 한반도 인근지역에 대한 대기 에어로졸 관측 자료를 분석하였다.

2. 연구 방법

표 1은 본 연구에서 사용된 관측 기기와 자료를 나타낸다. 인공위성 센서는 MODerate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS)로 미국 NASA에서 발사한 지구관측위성으로 자외선에서 적외선 영역까지 36개의 밴드를 가지고 있어 대기 에어로졸관측에 많이 이용되고 있다. 이러한 인공위성 자료를 이용한 해양 및 육지에서의 대기 에어로졸 분석 알고리즘은 von Hoyningen et al. (2003)이 제시한 방법을 사용하였다. 이 방법은 인공 위성자료에서 에어로졸 광학두께(Aerosol Optical Depth)를 나타내기 위하여 위성에서 감지된 복사량은 대기 광학두께의 함수이므로 복사전달모델 시뮬레이션 결과를 통해 얻어진 LUT(Look-Up Table)을 이용하여 광학두께를 구할 수 있다. Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)는 자외선영역에서 분광학적 방법으로 자외선 흡수성 에어로졸을 관측할 수 있으며 Measurement of Pollution in the Troposphere (MOPITT)은 주로 CO 및 CH₄ 관측에 사용되고 있다. 그리고 광주에서 관측된 광주과학기술원 소속 다파장 라이다(Multi-Channel LIDAR) 관측자료를 이용하여 연구기간동안 에어로졸의 수직적분포를 분석하였으며 선포도미터 관측 자료를 이용하여 파장별 에어로졸 광학두께자료를 분석하였다. 또한 중국에서 발생한 스모크 에어로졸이 한국에서 에어로졸 농도에 미치는 변화를 살펴보기 위하여 베타게이지(β -Guage)를 사용하여 에어로졸 농도변화를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

인공위성 관측 자료를 이용하여 2004년 6월에 중국 동부지역에서 발생한 스모크에 관한 영상분석을 수행하여 한반도 인근지역에서의 에어로졸 광학적 파라미터를 분석하였다. 인공위성 영상은 화재지역 및 스모크 영역에 대한 정보를 잘 나타내어 주고 있다. 그림 1은 2004년 6월 10일 오후 2시경의

MODIS의 RGB(채널 2,5,6) 칼라합성영상과 붉은점은 화재 분포를 나타낸다. 위성영상에서 나타난 바와 같이 중국 동부지역에 수많은 화재지역이 나타나며 스모크 영역이 한반도까지 이동하고 있는 모습이 보이고 있다. 이때 AOD값은 매우 크게 나타나고 있으며 (>1.0) 매우 큰 α (>1.5) 값을 보이고 있다. 일반적으로 α 가 크게 나타나는 것은 미세입자가 주를 이루고 있는 것을 의미하므로 미세입자가 주성분인 연소 에어로졸에 의하여 대기중에 미세입자가 많이 존재하고 있는 것을 나타낸다. 또한 광주지역에서 관측된 PM10의 농도는 5분 평균값으로서 최대 $348\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 이때의 에어로졸 농도가 급증했음을 알 수 있었다.

Table 1. The list of measurements, instruments and data used in this study, respectively.

Measurement	Instruments	Data
Satellite	MODIS TOMS MOPITT	Hot Spot, AOT Absorbing Aerosol Index CO
Ground-based	CIMEL Sunphotometer GIST Multi-channel LIDAR Beta-guage	AOT, Angstrom Exponent Aerosol Profile PM10 Mass Conc.

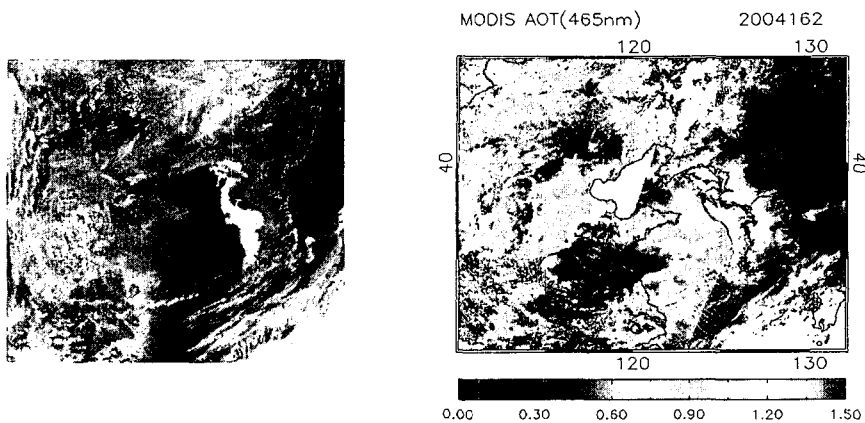


Fig. 1. MODIS color composite RGB image and retrieved AOT at 465nm on 10 June 2004, respectively.

사 사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금 및 두뇌한국 BK21사업 지원금에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- Russell et al., Aerosol properties and radiative effects in the United States east coast haze plume: An overview of the Tropospheric Aerosol Radiative Forcing Observational Experiment (TARFOX), *J. Geophys. Res.*, 104, 2213-2222, 1999.
- W. von Hoyningen-Huene, M. Freitag, and J. B. Burrows (2003) Retrieval of aerosol optical thickness over land surfaces from top-of-atmosphere radiance, *J. Geophys. Res.*, 108(D9): 4260-4280.