

1A1) 인공위성을 이용한 원격 대기환경 모니터링 기술 현황

Remote Sensing of Atmospheric Environment Using Satellites

김영준, 이권호

광주과학기술원 환경공학과, 환경모니터링 신기술 연구센터

1. 서론

인류의 산업활동으로 인한 지표 및 대기환경 변화로 인하여 이에 대한 모니터링은 필수적인 요소가 되었다. 한반도 지역은 중국으로부터의 장거리이동 오염물질과 황사에 의한 영향이 증가하고 있으므로 이의 감시가 매우 절실하다. 위성자료를 이용한 대기환경모니터링 기술은 이러한 필요성을 충족시켜줄 수 있어 대기환경의 시·공간적 변수를 연구하는데 유용하게 사용되어 왔다. 미국의 NOAA는 인공위성 (NOAA/AVHRR)을 이용하여 전지구적 규모로 에어로졸의 분포를 지속적으로 관측하고 있으며, 대기 중 에어로졸 입자가 기후변화에 직접 및 간접적으로 상당 수준 관련되어 있다는 것을 확인하였다 (Charlson *et al.*, 1987). 더 나아가 현재는 미국의 EOS(Earth Observing System), 일본의 ADEOS(Advanced Earth Observing Satellite)계획의 일환으로 대기환경에 대한 종합적인 측정 및 분석이 이루어지고 있다. 또한 유럽연합에서 올해 발사된 ENVISAT를 이용하여 종합적인 환경모니터링을 수행하고 있어 향후 대기 환경모니터링분야에 있어 중점적인 역할을 수행할 것이다. 본 연구에서는 대기오염 원격 모니터링 요소기술 개발, 응용 및 실용화의 토대를 위하여 인공위성을 이용한 대기환경 모니터링에 관한 내용을 소개하고자 한다.

2. Satellite Overview

미국 NOAA에서 발사된 극궤도 위성인 NOAA/AVHRR은 에어러솔 광학두께측정에 오랫동안 사용되어 왔으며 여기서 사용된 에어러솔 추출 알고리즘은 향후 발사된 위성센서 분석에 많이 이용되어 왔다. TOMS (Total Ozone Mapping Spectroradiometer) 는 지구 전체 오존의 양을 측정하는 센서로서 과거 1978년의 Nimbus-7을 시작으로 1996년 7월 2일 발사되어 현재까지 우리에게 실시간 자료를 보내고 있는 Earth Probe에 각각 탑재되었으며 오존의 양의 측정을 주 목적으로 운영되고있고 한편으로는 자외선 영역대에서 에어러솔의 흡수성을 나타내는 지수인 Aerosol Index가 DB화되어있다. SeaWiFS는 1997년 8월 1일 SeaStar 위성에 탑재되어 쏘아 올려진 해양 관측 전문 센서로 5년의 임무수행기간 동안 관측 파장영역이 412~865nm의 대역에서 8개의 채널을 가지고 있어 해석 및 대기 에어로졸의 원격탐사에 적합하여 이를 이용한 연구가 많이 진행되어졌다. 최근에는 NASA/EOS의 주 센서로서 MODIS(Moderate Resolution Spectroradiometer)와 MISR을 사용한 많은 연구가 이루어 지고 있다. MODIS는 현재 지구 생물권의 역학에 근거한 자료를 제공하는 해양과 육상, 대기 모두에 대해 적용이 가능한 다목적 센서로 36개의 spectral bands와 0.25~1km의 해상도로 육상과 해양의 표면 온도, 식생분포, 육상 표면, 구름, 에어로졸, 수증기량, 온도 등 전체 지구를 매 하루나 이틀사이에 모두 관측할 수 있다.

그리고 유럽연합의 Global Ozone Monitoring Experiment (GOME)은 1995년 4월 21일에 발사된 European Remote Sensing Satellite (ERS-2)에 탑재된 수동형 고해상도 이미지 스펙트로미터로서 오존 분포와 BrO, OClO 그리고 NO₂ 같은 미량기체의 관측을 주목적으로 하고 있다. GOME는 SCIAMACHY(Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric CHartography)의 예비실 험단계를 또 하나의 목적으로 가지고 있다. 최근에 유럽연합에서는 환경관련분야의 연구를 위해 제작된 2002년 3월 1일에 발사되어 고도 800km의 높이에서 극궤도로 돌고 있는 ENVISAT 인공위성으로 향후 5년동안 우주 원격탐사 시스템의 응용적인 부분과 기후학/환경학적 연구를 위한 자료를 생산할 것이다. ENVISAT은 10개의 서로다른 장치가 탑재되어 있으며 이중에서 SCIAMACHY 는 자외-근적외영역 (240~2380 nm)에서 (0.2~1.5 nm)의 파장분해능으로 태양광을 측정하는 분광계로서 O₃, BrO, OClO,

ClO, SO₂, H₂CO, NO₂, CO, CO₂, CH₄, H₂O, N₂O, 에어러솔, 복사, 구름 그리고 구름고도를 관측할 수 있다.

Table 1, Characteristics of Instruments and Spacecraft

Instrument	Spacecraft	Spectral Range	Measurement Index
AVHRR	NOAA Series	5Channel(Vis~IR)	Aerosol, Cloud, Vegetation, SST
TOMS	Nimbus-7, Meteor, EP, ADEOS, QuickTOMS	UV	O ₃ , Absorbing Aerosol
SeaWiFS	SeaSTAR	5Channel(Vis~NIR)	Aerosol, Ocean Color
MISR	TERRA	4Channel(Vis~NIR)	Aerosol Type, Cloud, Land cover
MODIS	TERRA	36Channel(Vis~IR)	Aerosol, Cloud, Temp., Ocean Color, Vegetation, Land cover



Fig. 1. Examples of Different Satellite Image for Asian Dust on March 20, 2001(MODIS, SeaWiFS, TOMS)

3. 결론 및 향후 전망

환경위성을 이용하면 대기의 특성 및 연직분포 뿐만 아니라 에어러솔, 구름에 관한 정보를 획득할 수 있어 대기 환경모니터링에 유용하다. 대기환경 모니터링 연구방향이 설정되어 환경 분석 연구에 첨단 위성 관측기술이용에 대한 저변이 확대됨과 동시에 국내에서 개발된 다목적실용위성 자료의 환경분야 활용이 확대되어 질 것이다. 그리고 위성자료 및 지상관측 자료를 이용한 입체적인 모니터링 시스템이 구축되어 광역적, 연속적인 대기환경정보를 취득 할 수 있다. 인공위성을 이용한 광역대기환경측정평가 및 예측과 함께 산학연 공동관측 및 연구분석으로 한반도 인근 지역의 대기환경 모니터링 연구의 활성화 및 다양한 자료들의 DB구축개발이 활성화될 수 있을 것이다.

4. 사사

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

참고 문헌

Charlson *et al.*, 1987, Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate, *Nature*, 326(6114) No.6114:655-657

King, M. D. , Kaufman ,Y. J., Tanre, D., and Nakajima ,T. , Remote Sensing of Tropospheric Aerosols from Space : Past, Present, and Future, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 80, No. 11, pp. 2239-2259, Nov. 1999.