# Aqua 대기 영상을 이용한 남한의 에어러솔 변화 분석

**한동엽**†

전남대학교 건설 · 환경공학부

Analysis of Aerosol Change in South Korea using Aqua Atmosphere Images

Dong-Yeob Han<sup>+</sup>

Department of Civil and Environmental Engineering, Chonnam National University

## ABSTRACT

This research analyses the atmosphere change in South Korea using time series images of Aqua L3 low resolution. The monthly aerosol MODIS data was obtained from July 2002 to October 2010. The optical depth mean in aerosol product were compared and analyzed on the 25 site. It is notable that asian dust affected in spring and high optical depth frequently occurred in recent year.

Keywords: South Korea, Aqua, Atmosphere, Optical Depth

<sup>&</sup>lt;sup>†</sup>Corresponding author E-mail: hozilla@jnu.ac.kr

## 1. 서 론

에어로솔은 지구의 에너지 균형과 수문주기를 결정하는 중요한 지구물리학 인자 중 하나이다. 이러한 떠도는 대기 입자는 태양 방사선을 산란시키고, 흡수하며, 지구의 표면을 흐리게 한다. 그리고 에어로솔은 인간의 건강과 시정 (visibility) 감소에 영향을 끼친다. 도시/산업 오염과 바이오매스 산화와 같은 인간의 행위에 의한 발생되는 에어러솔의 다른 형태도 있다.

Table 1. Primary use of MODIS sensor

Primary Use	Band	Bandwidth <sup>1)</sup>	Spectral Radiance <sup>20</sup>	spatial
Land/Cloud/AerosolsBoundaries	1	620 - 670	21.8	250
	2	841 - 876	24.7	250
Land/Cloud/AerosolsProperties	3	459 - 479	35.3	500
	4	545 - 565	29.0	500
	5	1230 - 1250	5.4	500
	6	1628 - 1652	7.3	500
	7	2105 - 2155	1.0	500
Ocean Color/Phytoplankton/Biogeoche mistry	8	405 - 420	44.9	
	9	438 - 448	41.9	
	10	483 - 493	32.1	
	11	526 - 536	27.9	
	12	546 - 556	21.0	
	13	662 - 672	9.5	
	14	673 - 683	8.7	
-	15	743 - 753	10.2	
	16	862 - 877	6.2	
AtmosphericWater Vapor	17	890 - 920	10.0	
	18	931 - 941	3.6	
	19	915 - 965	15.0	
	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	
Surface/CloudTomporature	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	
Sui lace/Cloud l'emperature	22	3.929 - 3.989	0.67 (300K)	
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	
AtmosphericTemperature -	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	
Cirrus CloudsWater Vapor	26	1.360 - 1.390	6.00	
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	
Cloud Properties	29	8.400 - 8.700	9.58 (300K)	
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	
Surface/CloudTemperature	31	10.780 - 11.280	9.55 (300K)	
	32	11.770 - 12.270	8.94 (300K)	
Cloud TopAltitude	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	
	35	13.785 - 14.085	3.11 (240K)	
	36	14.085 - 14.385	2.08 (220K)	

1) Bands 1 to 19 are in nm; Bands 20 to 36 are in  $\mu$ m

2) Spectral Radiance values are  $(W/m^2 - \mu m - sr)$ 

CO<sub>2</sub>와 달리 에어러솔은 대기에 잘 혼합되지 않는다. 또한 공간적 시간적 변화 때문에 기후와 수문주기에 영향을 미치는 인간이 발생시킨 에 어러솔 양을 추정하는 것은 쉽지 않다<sup>4</sup>. 따라서 전지구적 에어러솔 분포를 분석하는 연구가 이루어지고 있으며, 전지구적으로 장기적인 관측값을 제공하는 위성영상이 하나의 수단으로 활용되고 있다.

NASA의 Terra(1999년 12월)와 Aqua(2002 년 5월) 위성에 탑재된 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 센서 는 전지구적 에어러솔의 공간적 시간적 특성을 정량화할 수 있다. MODIS 센서는 지상관측폭 이 cross 방향 2330 km along 방향 10 km이 고, 0.41~15 µm의 분광영역에 36개의 밴드를 가지고 있으며, 250 m(1-2 밴드), 500 m(3-7개 밴드), 1 km(8-36 밴드)의 공간 해상도, 12 bits 방사 해상도를 지닌다. 주요 응용분야 는 육지와 해양의 경계, 에어러솔 관측, 플랑크 톤, 대기 수증기, 대기 및 지표 온도, 구름과 오존 관측이다(Table 1).

에어러솔 1~7번 밴드를 이용하여 검색하며, 다른 밴드에서는 에어러솔과 관련된 개체인 구름과 강의 침전물을 확인할 수 있다. MODIS는 특히 에어러솔 광학적 두께를 정확히 검색하고 에어러솔 크기를 특성화한 인자 정보를 얻을 수 있다. 남한에서 에어러솔 크기로 인간에 의해 발생된 에어러솔을 분석하는 것이 MODIS 데이터에서 가능하며, 본 연구의 주요 목적이다.

### 2. 연구방법

#### 2.1. 연구대상지역 및 사용 데이터

분석에 사용된 자료는 Aqua 위성영상으로부터

처리된 레벨3 자료인 L3-Collection 051이며, 일별, 8일별, 월별 평균자료로 처리하여 MODIS 홈페이지 (http://ladsweb.nascom. nasa.gov/data/)에서 무료로 다운받을 수 있다. 본 연구에서는 월별로 평균값을 사용한 L3 Low-Res Monthly 데이터를 이용하였다. 연구 대 상지 역은 Fig. 1과 같이 경도 125~130°, 위도 34~39°의 남한과 그 근해지 역이다. 자료의 해상도는 1°간격이며, 총 25개의 위치에 대한 값을 지니고 있다(Fig. 1). 각 위치를 구분하기 위하여 25개 점 중 좌상단점을 15로, 우하단점을 51로 지정하였다. 1° 간격은 지상 거리로 환산하면 대략 100 km이다.



Fig. 1. Location of the study area.

Table 2는 분석에 사용된 Aqua Monthly 영상들의 정보이다. 2002년 7월 1일부터 2010년 10월 1일까지 약 8년 동안(100개월)의 데이터가 분석되었다.

Туре	Time	Statistic	
MYD08_M3 <sup>D</sup>	2002/07/01		
	2002/08/01		
	2002/09/01		
	2002/10/01	Optical Depth's mean, maximum	
	•••		
	2010/07/01	mannan	
	2010/08/01		
	2010/09/01		
	2010/10/01		

Table 2. Aqua L3 low-resolution monthly data

1) M3(Aqua image), E3(Terra image)다.

#### 2.2. MODIS 대기 자료

Terra 플랫폼과 Aqua 플랫폼, 두 플랫폼에서 수집한 6개의 레벨2 MODIS 대기 자료 (product)로 MOD04\_L2(Terra)와 MYD04\_L2 (Aqua)가 있다. 레벨2 MODIS 자료는 에어러솔, water vapor, 구름 (cloud), 구름 마스크 (mask), 결합 대기(joint atmosphere) product 이다. 특히 에어러솔 자료는 에어러솔 형태, 에어러솔 광학두께(aerosol optical thickness or Depth: AOT or AOD), 입자 크기, 에어러솔 mass concentration, 광학 속성 등을 모니터링 한다. 레벨2 자료의 공간해상도는 직하방향 (nadir)에서 약 10 km이다.

AOD의 응용분야는 원격관측된 지표면 개체의 대기보정, 에어러솔의 소스 및 sink의 모니터링, 화산폭발 및 산불 모니터링, 복사전달 모델, 대기질, 건강과 환경, 지구 Radiation Budget, 기후변화 등이다. MODIS 레벨2 AOD 값으로 부터 유도되는 레벨3 AOD 값의 단위는 무차원 으로 유효 범위는 -0.05~5.0이고, 550 nm 밴드 관측값을 이용한다. 그리고 육지 AOD는 보정값이고, 해양 AOD는 best 값이다. 레벨3 대기 자료는 위의 처음 4개의 레벨2 자료로부터 생성된 약 600~800개의 통계량을 1° 해상도로 포함하고 있다. 따라서 원 데이터의 화소수는 360(가로)×180(세로)이다. "Data Fields"의 주요 통계량은 Solar 관련 값, 산란각, 광학적 두께, mass concentration, 반사도 (reflectance), angstorm 지수(exponent) 등에 대한 평균, 최대, 최소, 표준편차, 유효화소수 등이다. 에어러솔 광학적 두께는 9개의 모델 인덱스로 분류할 수 있다. 인덱스는 small은 1~4, large sea salt 5~7, large mineral dust 8~9이다.

#### 2.3. MODIS 에어러솔

MODIS 에어러솔 알고리즘은 육지와 해양에 대한 서로 다른 두 개의 독립적인 알고리즘으로 이루어진다. 두 개의 알고리즘은 Terra 발사 이전에 개발되었다". 이후 알고리즘은 몇몇 연구자들에 의해 개선되었다. 육지와 해양의 에어러솔 알고리즘은 MCST(MODIS Characterization Support Team)에 의해 제공 되는 보정된 반사값과 기타 다른 특성값들이 입력값으로 사용된다. MODIS 데이터는 유사한 데이터의 집합이라는 의미의 "Collections"으로 구성된다. 최근에 MODIS 에어러솔 데이터에 "MODIS Deep Blue aerosol retrieval"알고리 즘이 추가되었으며, 이는 사막과 같은 밝은 지표면위에서 데이터 갭(gap)을 채운다. 이 데이터는 "Collection 5.1" 이라고 하며 6년간의 MODIS Aqua의 전지구적, 지역적 비교 결과 연속적인 감시망 관측자료(Global Groundbased Sun-photometer Network)인 AERONET과 일치하는 결과를 보여주었다. Levy et al.(2010)는 total AOD(depth) 즉  $\gamma$ 를 검증하고, 기대오차 (EE)를 로 정의하였다. 그리고 Aqua에 비해 Terra 에어러솔 값은 약간 편향되었다고 보고하였다. MODIS 데이터는 육지에서 에어러솔 크기에 대한 정량적인 정보를 제공하지 않는다고 결론지었다.

#### 2.4. 황사

황사는 주로 봄철에 중국이나 몽골의 사막에 있는 모래와 먼지가 편서풍을 타고 멀리 날아 가는 현상을 말한다. 중국과 대한민국, 일본 순으로 봄철에 황사의 피해를 가장 많이 입고 있다. 황사는 여러 분야에서 큰 피해를 끼치지만, 황사 속에 섞여 있는 석회 등의 알칼리성 성분이 산성비를 중화함으로써 토양과 호수의 산성화를 방지하고, 식물과 바다의 플랑크톤에 유기염류를 제공하는 등의 장점도 있다<sup>10</sup>.



Fig. 2. Dust from Gobi desert over the South Sea(MODIS image aboard the Terra satellite on November 12, 2010). 2010년 11월 초에 고비사막에서 대규모

먼지와 모래바람이 발생하였다(Fig. 2). 이틀 후 Terra위성에 탑재된 MODIS 센서가 서해와 남해에 불어 닥친 황사 컬러영상을 취득하였다. 대개 봄에 발생하는 황사가 늦가을에 발생한 경우는 흔치 않은 일이다. 황사는 서해에서 일본까지 수백 km에 걸쳐 발생했으며, 비교적 깨끗해 보이는 한반도에도 G20 기간, 서울에는 먼지가 넓게 퍼져 있었다고 예보되었다.

## 3. 결과 및 고찰

AOD 값의 연도별 변화를 확인하기 위하여 월평균 AOD 값을 이용하였다. 우선 Fig. 3은 2002년 7월부터 2010년 10월까지의 평균값 이다. 최근 6년(2004년~2009년)간의 연평균 값은 Fig. 4에 나타냈다. Fig. 3과 4는 점 데이 터를 내삽(interpolation)하여 등고선 형태로 나타낸 것이다.

MYD08\_M3.051 Aerosol Optical Depth at 550 nm [unitiess]



Fig. 3. Mean of monthly AOD (Jul2002 ~ Oct2010).

AOD 값의 분포상 특징은 서해안 연안지역에서 값이 높다는 점과 강원도 산악지역의 값이



Oct2010).

낮다는 점, 그 외 지역은 중간 정도의 값을 갖는 다는 것이다. Fig. 5에서 1°과 2° 지점들의 AOD 값이 높고 4° 지점들의 AOD 값이 가장 낮다는 것으로 위의 사항을 확인할 수 있다.

Fig. 6은 100개월 동안의 25개 지점의 평균 AOD이다. 2002년과 2003년에 AOD 값이 상대적으로 컸지만 최근에는 대체로 낮아지는 경향을 보이고 있다. 그러나 이전에 비해 높은 월이 자주 발생하고 있음을 알 수 있고, 이것은 황사가 자주 발생하고 있다는 것과 일치한다.

Fig. 7은 각 지점별로 100개월 동안의 AOD 값을 평균한 것이다. Fig. 5의 개별 값들을 평균한 것으로 1\*과 2\*의 지점들이 높고 해양에 위치한 5\*의 점들은 일정한 값을 나타내고 있다.

## 4. 결 론

- 에어러솔 광학적 두께값을 이용하여 대기 중 입자 분포 경향을 알 수 있었다.
- 황사가 나타나는 횟수 및 황사 이동 방향에
  의해 최근에 AOD 값이 상대적으로 자주 높
  게 나타나고, 서해지역에서 높게 나타났다.
- 3) 향후 대기 입자의 종류를 구분하고, 높은 공 간해상도에서 에어러솔을 분석하는 것이 필요하다.

## 사 사

본 연구는 환경부지정 전남지역환경기술개 발센터의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 1.위키백과. http://ko.wikipedia.org/ wiki/%ED%99%A9%EC%82%AC.
- Kaufman, Y. J., Tanr?, D., Remer, L. A., Vermote, E., Chu, A., and Holben, B. N.(1977). Operational remote sensing of tropospheric aerosol over land from EOS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. J. Geophys. Res., 102. pp.17051~17067.
- Levy, R. C., Remer, L. A., Kleidman, R. G., Mattoo, S., Ichoku, C., Kahn, R., and Eck, T. F. (2010). Global evaluation of the Collection 5 MODIS dark-target aerosol products over land. Atmos. Chem. Phys. Discuss. 10. pp.14815~14873.
- Remer, L. A., Kaufman, Y. J., Tanr?, D., Mattoo, S., Chu, D. A., Martins, J. V., Li, R. R., Ichoku, C., Levy, R. C., Kleidman, R. G., Eck, T. F., Vermote, E., and Holben, B. N.(2005). The MODIS Aerosol Algorithm, Products and Validation. Journal of the Atmospheric Science. 62(4). pp.947~973.
- Tanre, D., Kaufman, Y. J., Herman, M., and Mattoo, S.(1997). Remote sensing of aerosol properties over oceans using the MODIS/EOS spectral radiances. J. Geophys. Res., 102. pp.16971~16988.





MYD08\_M3.051 Aerosol Optical Depth at 550 nm [unitiess] (Jan2005 - Dec2005) 45

MYD08\_M3.051 Aerosol Optical Depth at 550 nm [unitiess]



Fig. 5. AOD time series of 25 sites.



Fig. 6. Mean AOD of 100 months (Jul2002 ~ Oct2010).