

## KOMPSAT OSMI 자료를 이용한 황사탐지

김영섭 · 박경원\* · 서애숙\*\*

위성정보과학과, 위성정보과학연구소\*, 기상연구소 원격탐사실\*\*

### On the Yellow Sand Detection using KOMPSAT OSMI Data

Young-Seup Kim, Kyung-Won Park\*, and Ae-Sook Suh\*\*

Department of Satellite Information Science, Pukyong National University

Institute of Satellite Information Science, Pukyong National University\*

Remote Sensing Research Laboratory, Meteorological Research Institute\*\*

**Abstract :** Radiative transfer model was used to detect the yellow sand using KOMPSAT-1/OSMI data. With OSMI and SeaWiFS data, spectrum analysis for spatial and channel were carried out to investigate the characteristics of sensor for the detection of yellow sand. It was compared and analyzed the optical depth of OSMI and SeaWiFS data. Spectral characteristics of x-axis is similar in 765 and 865nm according to spectral analysis for OSMI and SeaWiFS data. It is considered that band 7 and 8(765 and 865nm) of OSMI is suitable for detecting the yellow sand. Compared the yellow sand images by OSMI and MODIS, the data of OSMI are applicable to monitor the yellow sand phenomena. The optical depth of yellow sand event was about 0.8 with 1.0 maximum.

**Key Words :** OSMI, SeaWiFS, MODIS, Yellow Sand, Optical Depth.

**요약 :** 복사전달모델과 KOMPSAT-1/OSMI 자료를 이용하여 황사탐지 가능성을 조사하였다. 그리고, 황사탐지를 위한 OSMI의 특성을 파악하기 위하여 OSMI와 SeaWiFS의 자료를 이용하여 공간 분광분석과 채널별 스펙트럼 분석을 실시하고, 또한 에어로솔 광학두께를 상호 비교하였다. OSMI와 SeaWiFS 자료를 이용한 x축 방향의 분광분석 결과, 865nm에서 분광특성이 비슷함을 알 수 있었고, 채널별 스펙트럼 분석에서는 765nm과 865nm에서 SeaWiFS의 결과와 비슷하여 이 벤드에서의 OSMI 자료의 활용 가능성을 확인할 수 있었다. 이들 벤드를 이용하여 산출한 OSMI의 황사탐지 화상은 MODIS에서 얻어진 화상과 비슷함을 알 수 있었다. 황사 때의 광학두께는 약 0.8~1.0으로 나타났다.

## 1. 서 론

매년 봄철에 발생하는 황사는 중국 북부의 황토지대에서 바람에 의하여 하늘 높이 불어 올라간 수많은 미세한 모래 먼지가 대기 중에 퍼져서 하늘을 덮었다가 서서히 내려오는 모래 먼지를 말하는 것으로, 올해는 그 강도나 세기가 강해서 국민의 생활에 많은 악영향을 미쳤다. 또한 태양 빛을 차단, 산란시킴으로서 시정을 악화시키며 농작물이 자라나는데 장애를 줄뿐만 아니라 반도체, 항공기 등 정밀기계 작동에도 문제를 일으켜 적지 않은 손상을 입히기도 했다. 황사는 발원지인 중국뿐만 아니라 인근의 국가인 한국과 일본에도 큰 영향을 주므로 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Chung, 1986). 이러한 연구들은 황사의 발생 지역요인과 장거리 수송, 농도에 집중되고 있으나 (전종갑 외, 1999) 최근에는 황사역의 탐지로 인한 조기예보에도 한·중·일이 협력하는 등 연구가 진행중이다.

황사의 탐지에 있어서 가장 효율적인 방법으로 인공위성을 이용하여 대기의 광학적 두께를 산출하여 분석하는 방법이 있다. SeaWiFS(Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor)를 이용한 황사의 광학적 성질과 황사가 해색에 미치는 영향을 관찰한 연구나 분광복사계와 일사계 관측에 의해서 황사의 광학적 특성에 대해 연구들이 있어 왔다(손병주 외, 1998; 박혜숙 외, 1998). SeaWiFS와 분광특성이 비슷한 KOMPSAT(Korea Multi-Purpose Satellite) OSMI(Ocean Scanning Multispectral Imager)센서를 가진 KOMPSAT-1호 위성이 1999년도에 발사되어 운영중에 있다. OSMI는

SeaWiFS와 시간적 해상도가 달라 서로 보완적으로 황사의 탐지에 효율적이다. 하지만 OSMI로부터 수집된 자료는 그 정확성에 문제가 지적되고 있어서 원래의 계획대로 충분히 활용되고 있다고는 할 수 없는 실정이다.

본 연구에서는 OSMI 자료를 활용하여 황사를 탐지할 수 있는지를 알아보기 위하여 다른 위성 자료들과의 비교분석을 통한 조사를 실시하였다. 또한 실제 황사 발생시의 화상 비교를 통해 그 활용성을 살펴보았다.

## 2. 자료 및 방법

### 1) 연구자료

이 연구에 사용된 자료는 황사가 발생한 2001년도 4월 13일과 2002년 3월 22일 OSMI 자료를 이용하였다. OSMI는 KOMPSAT-1호에 탑재되어 1999년에 발사되었으며 총 6개의 밴드(412, 443, 490, 555, 765, 865nm)로 이루어져 있으며 관측폭은 800km이다. OSMI 자료는 한국항공우주연구원 지상국에서 수집·처리한 Level 1A자료를 이용하였다. OSMI 자료의 황사탐지 가능성을 알아보기 위한 비교자료로 밴드의 특성이 비슷한 OSMI와 같은 날의 SeaWiFS LAC 자료를 수집하여 처리하였다. OSMI의 황사 발생지역의 대기의 광학적 두께의 검증자료로는 최근에 발사되어 운영중인 MODIS자료를 이용하였다. MODIS Level 2 자료는 NASA로부터 구입하였는데, 각각의 위성자료의 특징은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characteristics of sensors.

Date	Sensor	Level	Resolution(km)	Swath(km)	Band(nm)
April 13, 2000	OSMI	1	1	800	412, 443, 490, 555, 765, 865
	SeaWiFS	1	1	2800	412, 443, 490, 510, 555, 670, 765, 865
	MODIS	2	5.0	1500	412, 443, 488, 531, 551, 667, 680, 748, 869
March 22, 2001	OSMI	1	1.0	800	412, 443, 490, 555, 765, 865

## 2) 분석방법

현재의 OSMI는 대기의 광학적 두께산출에 있어서 기존에 유사 기종인 미국 SeaWiFS(Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor)와는 다른 방법을 택하였다. 이러한 이유는 OSMI 자료는 NASA와의 국제공동연구에 의해 검보정이 진행 중에 있으므로 OSMI 처리 프로그램인 OSMIDAS에서 구한 대기의 광학적 두께는 아직은 의미를 갖지 못하고 있기 때문이다. 그러므로, SeaWiFS 자료처리 알고리즘인 SEADAS와 달리 OSMI는 대기복사모델을 이용하여 대기의 광학적 두께를 산출하였다.

대기 광학적 두께 산출 알고리즘을 살펴보면 먼저 특정 파장 영역에 대해서 태양으로부터 복사되는 에너지 중 지구의 표면에 도달되는 복사 휘도  $E_g$ 는 다음과 같이 몇 가지 성분이 합쳐진 형태가 되며 다음과 같다.

$$E_g = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (E_{0,i} T_{\theta_0} \cos\theta_0 + E_d \lambda) d\lambda \quad (1)$$

여기서  $E_{0,i}$ ,  $T_{\theta_0}$ ,  $\cos\theta_0$ ,  $E_d \lambda$ 는 대기 최상층에서의 태양의 파장별 복사발산도, 천정각에서의 대기투과율, 태양의 천정각, 대기 산란에 의한 파장별 복사 휘도이다. 지표면으로 입사되는 복사 에너지 중에서 매우 작은 일부분만이 실제로 OSMI 센서에 입사된다. 이렇게 지구로부터 OSMI 센서로 입사되는 복사휘도  $L_T$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$L_T = \frac{1}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R T_{\theta_v} (E_{0,i} T_{\theta_0} \cos\theta_0 + E_d \lambda) d\lambda \quad (2)$$

여기서  $R$ 은 지구의 반사도 값이며, 대기 산란에 의한 파장별 복사휘도  $E_d \lambda$ 는 지구에서 반사되어 입사하는 값보다 매우 적어 무시하였다. 이 때 대기투과율은 대기의 광학적 두께 함수로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_\theta = e^{-\tau/\cos\theta} \quad (3)$$

여기서  $\tau$ 는 대기의 광학적 두께를 나타내며, 대기 투과율에서 각도  $\theta$ 는 천정각  $\theta_0$ 와 위성각  $\theta_v$ 의 합

으로 나타낼 수 있다. 따라서 구하고자 하는 대기 광학적 두께는 (3)식에 (2)식을 대입하여 산출하였다.

## 3. 결과 및 분석

### 1) OSMI와 SeaWiFS 스펙트럼 분석 비교

Fig. 1은 OSMI 화상을 이용하여 황사를 탐지할 수 있는지를 알아보기 위해 제시한 그림이다. 대규모 황사가 나타난 2001년 4월 13일(Fig. 1(a))과 2002년 3월 22일(Fig. 1(b))의 화상으로, OSMI의 555nm, 490nm, 412nm 3개 밴드를 RGB합성한 것이다. Fig. 1의 화상만으로 황사 분포를 탐지하기는 어렵다는 것을 알 수 있다. 따라서 OSMI의 경우, RGB합성 화상만으로 황사를 탐지하는 것은 적합하지 않기 때문에 OSMI 각 밴드별 분광 특성을 조사하여 보다 정확한 황사탐지 방법을 조사할 필요가 있다.

OSMI의 밴드별 황사 탐지 능력을 알아보기 위하여, OSMI와 SeaWiFS의 865nm 대역에서의 공간 분광특성 비교 조사를 실시하였다(Fig. 2). Fig. 2에서 왼쪽 그림들(a, c, e)는 OSMI의 경우이고, 오른쪽(b, d, f)는 SeaWiFS의 경우이다. OSMI와 SeaWiFS 위성자료는 거의 같은 시간대에 촬영이 되었지만, 관측한 지역이 다르므로 각각 황사가 발생하지 않은 지역 중 OSMI의 동해안과 SeaWiFS의 일본 동쪽 지역을 선택하여 x-축 방향으로 복사휘도의 분포특성을 조사하였다(Fig. 2(a), (b)). Fig. 2(c), (d)에서 보면, 대륙에서의 복사휘도값은 특성은 약간 다르지만, 해면에서의 복사휘도 값은  $200W/m^2$  전후로 비슷한 분포를 나타내어 센서의 큰 차이점은 발견하지 못하였다. 비교적 황사를 잘 탐지하는 것으로 알려져 있는 SeaWiFS의 각 채널과 OSMI 채널 사이의 분광특성을 조사한 것이 Fig. 2(e)와 (f)이다. SeaWiFS의 경우에는 443nm대역에서 복사휘도가 가장 큰 값이 산출되었으나, OSMI의 경우 555nm대역에서

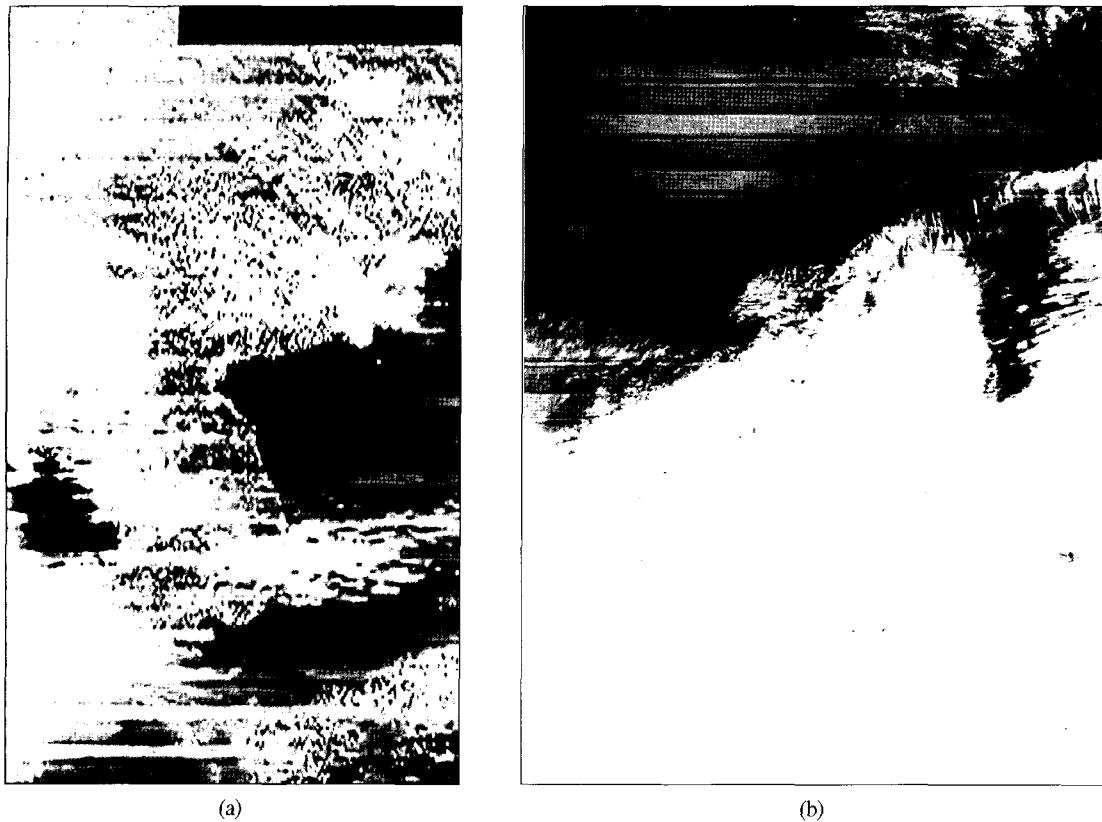


Fig. 1. Images of OSMI data for (a)April 13, 2001, and (b)March 22, 2002.

가장 큰 값을 가졌다. 반면에 OSMI의 412nm와 443nm 대역에서는 SeaWiFS 값에 비해서 매우 적은 양의 복사회도가 관측된다는 것을 알 수가 있었다. 555nm대역에서 OSMI의 값은 SeaWiFS의 경우에 비해 과대평가되고, 443nm 대역에서는 과소평가되는 것을 알 수 있다. 반면에 765nm와 865nm에서 OSMI의 복사회도는 값의 차이는 있으나, 비교적 SeaWiFS의 경우와 유사하므로 황사탐지에 어느 정도 활용 가능할 것으로 사료된다.

Fig. 3은 OSMI와 MODIS의 aerosol optical depth를 비교한 것이다. Fig. 3(a)는 865nm에서 대기복사모델에 의한 aerosol optical depth를 직접 계산한 것이고, Fig. 3(b)는 MODIS 자료를 이용하여 NASA 에어로솔 팀에서 산출한 Level2의 자료에 근거한 것이다. MODIS의 경우는 해상도가 5km로 OSMI의 1km보다는 떨어지지만 그 분

포 특성은 어느 정도 잘 나타남을 알 수 있다. Fig. 3(a)에서, aerosol optical depth 값은 0에서 1.0 까지 사이의 값의 분포를 나타내었으며 황사로 판명되는 제주도 부근의 aerosol optical depth값은 대략 0.8 내외였다. Fig. 3(b)에서 MODIS 자료를 이용하여 산출한 aerosol optical depth는 OSMI에서 산출한 값보다 약간 높았지만 제주도 부근에서의 황사패턴은 거의 비슷하여 OSMI를 이용한 황사탐지의 가능성을 확인할 수 있었다. 이 방법만으로 황사유무를 판별하는 것은 무리가 있으나 OSMI 자료의 활용이라는 측면에서 적용해본 결과임을 밝혀 둔다.

Fig. 4는 대기복사모델로 산출한 황사탐지 기법의 이용 가능성을 알아보기 위하여 황사가 매우 심했던 2002년 3월 22일의 aerosol optical depth를 산출하여 나타낸 것이다. 전체적으로 aerosol

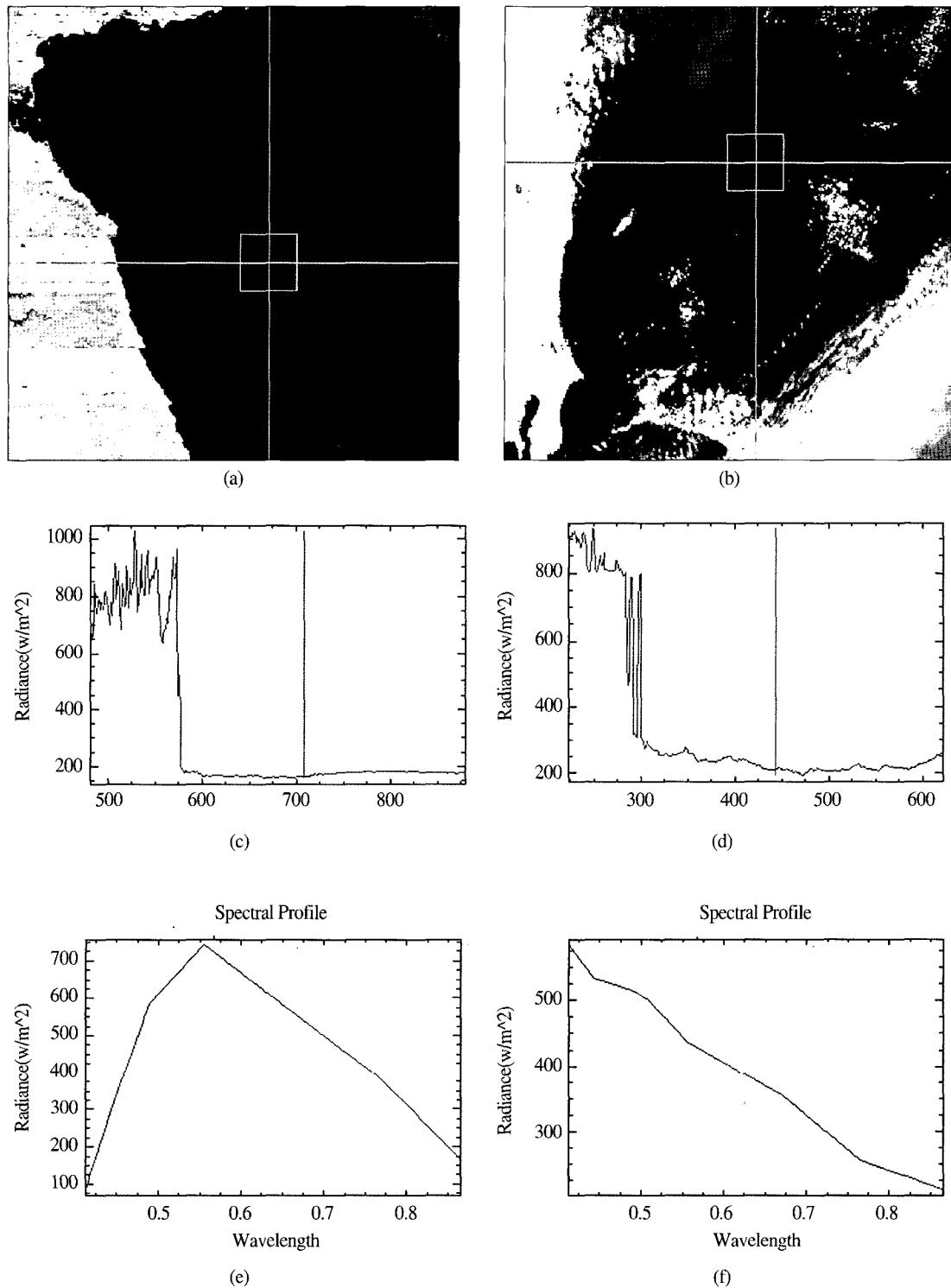


Fig. 2. Spectral profile and spectral characteristics of OSMI(a, c, e) and MODIS(b, d, f) data.

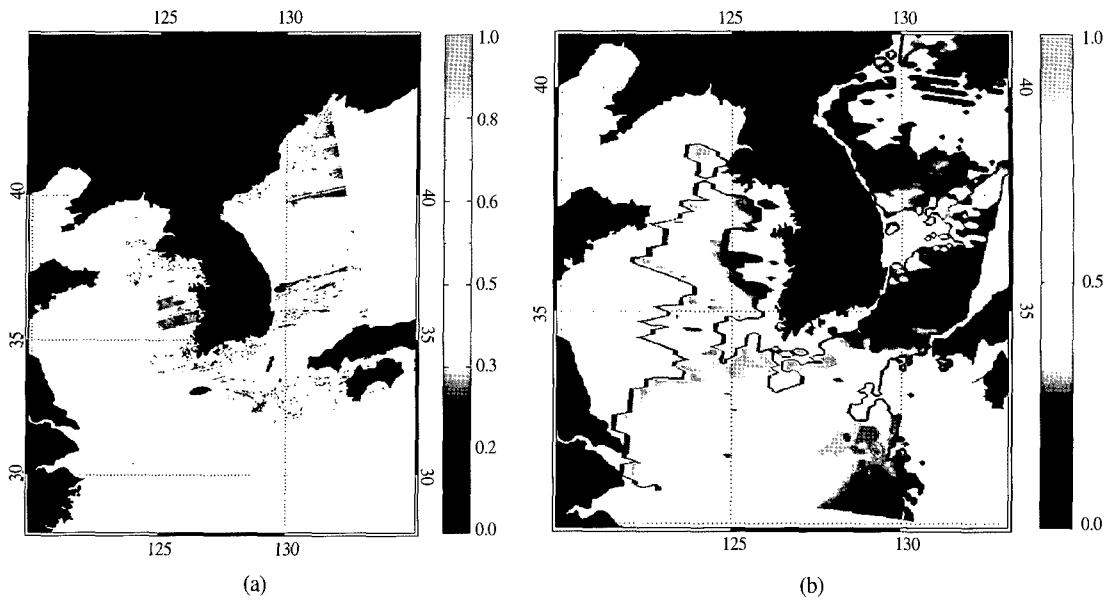


Fig. 3. Aerosol optical depth in 865nm of OSMI(a), and MODIS(b).

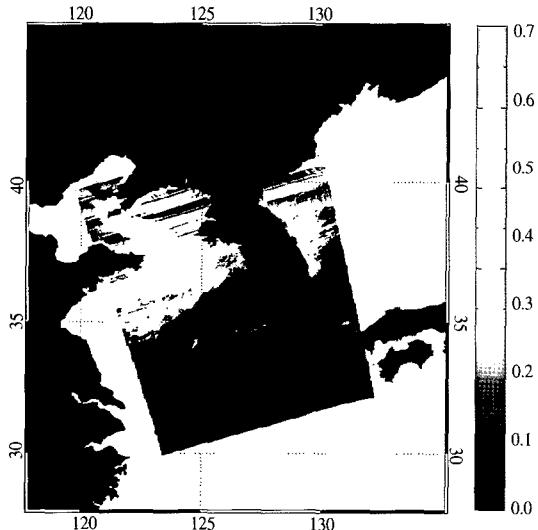


Fig. 4. Aerosol optical depth in 865nm of OSMI on March 22, 2002.

optical depth가 0.6 내외인 황사가 북한지역의 서해부터 동해까지에 걸쳐있음을 알 수 있었고, OSMI 자료를 이용한 황사탐지 가능성이 어느 정도 확인되었다.

### 3. 결론

KOMPSAT-1호의 OSMI 자료를 이용하여 황사를 탐지하기 위해서 대기복사모델을 이용하였고, 황사탐지를 위한 OSMI의 특성을 파악하기 위하여 2001년 4월 13일 OSMI와 SeaWiFS 자료를 이용하여 공간적인 분광분석과 채널별 스펙트럼 분석을 실시하였다. OSMI와 SeaWiFS 자료를 이용한 x축 방향의 분광분석 결과, 865nm에서 분광 특성이 비슷함을 알 수 있었고, 채널별 스펙트럼 분석에서는 765nm과 865nm에서 SeaWiFS의 결과와 비슷하여 이 밴드의 이용 가능성을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과에 따라 실제 황사가 있었던 2001년 4월 13일 OSMI 자료를 이용하여 대기의 광학두께를 대기복사모델을 이용하여 산출하고 비슷한 시간의 MODIS의 값을 비교·분석하였다. 제주도 부근에 나타난 황사의 분포에 대해 OSMI는 MODIS의 결과와 유사하게 나타났으며, 865nm에서 산출한 aerosol optical depth 값은 최저 0에서 최대 1.0의 값을 보였고, 제주도 주변의 값은 0.8 정도였다.

사례연구로 황사가 심했던 2002년 3월 22일 OSMI 자료를 이용하여 aerosol optical depth를 산출하고 분포특성을 살펴보았다. 남한지역은 구름으로 황사의 유무를 알 수 없었으나 북한지역의 서해에서 동해로 이어지는 황사를 구별할 수 있었다. 결론적으로 KOMPSAT OSMI자료의 활용성 제고라는 측면에서, OSMI 자료를 이용한 황사탐지의 가능성이 확인되었다고 말할 수 있다. 앞으로 OSMI 자료의 검보정에 의한 신뢰성 있는 자료 확보는 물론 더욱 개선된 대기복사모델을 이용한 황사탐지의 정확도를 높일 수 있는 연구가 더욱 필요한 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- 전종갑, 예상욱, 곽용문, 정용승, 1999. 황사의 장거리 수송과 관련된 대기순환 유형의 분류, *한국기상학회지*, 35(4):575-586.
- Chung, Y. S, 1986. Air pollution detection by satellite. The transport and deposition of air pollutants over oceans, *Atmos. Environ.*, 20: 617-630.
- Park, H.S. Chung, H.S. Bag, G.M. and Yoon, H.J., 1998. Aerosol Optical and Spectral Characteristics in Yellow Sand Events on April, 1998 in Seoul. Part I. Observation, *Journal of the Korean Society of Remote Sensing*, 14(3): 307-314.
- Sohn, B.J., and Hwang S.G, 1998: Identifying Yellow Sand from the Ocean Color Sensor SeaWiFS Measurements, *Journal of the Korean Society of Remote Sensing*, 14(4): 366-375.
- Durkee, P.A., D.R. Jensen, E.E. Hindman, and T.H. Vonder Haar, 1986: The relationship between marine aerosols and satellite detected radiance, *J. Geophys. Res.*, 91: 4063-4072.
- Fraser R.S. 1976: Satellite measurement of mass of Saharan dust in the atmosphere, *Appl. Opt.*, 15: 2471-2479.
- Griggs, M., 1975: Measurements of atmospheric aerosol optical thickness over water using ERT-1 data, *J. Air Pollut. Control Ass.*, 25: 622-626.
- Gordon, H.R., and M. Wang, 1994: Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS : A preliminary algorithm, *App. Opt.*, 33: 443-452.
- Iqbal, M., 1983. *An Introduction to Solar Radiation*, Academic Press, Toronto, Ontario, Canada, 390p.