

# ASTER에 의한 청주시주변의 지표면온도 추정

Estimation of Surface Temperature of the Urban Area in Cheongju Using ASTER Data

박중화·나상일\*(충북대)

Park, Jong-Hwa·Na, Sang-Il

## Abstract

Land surface temperature (LST) for large areas can only be derived from surface-leaving radiation measured by satellite sensors. These measurements represent the integrated effect of the surface and are superior to point measurements on the ground, e.g. in Urban Heat Island. ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) is an imaging instrument that is flying on the NASA's Terra satellite launched in December 1999. ASTER acquires 14 spectral bands and can be used to obtain detailed data of land surface temperature, emissivity, reflectance and elevation. Spatial resolution of 90m of TIR channels of ASTER is useful when we analyze the spatial variations of surface heat fluxes in urban areas. The purpose of this study is to extract the LST using ASTER TIR channels.

## I. 서론

도시지역에 집중되는 상업시설과 공업단지 및 인간 활동의 집중 현상에 따라 도시의 열 환경은 악화되고 있다. 그 결과 도심의 기온은 산과 논으로 둘러싸인 교외와 비교하여 기온이 높게 형성되는 도시열섬현상(urban heat island, UHI)이 두드러지고 있다. 이 현상의 영향으로 한증막 더위와 열대야 일수가 증가하고 열병을 앓는 환자의 증가와 집중 호우의 발생과도 관련이 있는 것으로 지적되고 있다. 또한 여름의 무더위가 가을이 되어도 지속되는 경우가 많아 에너지문제 해결 등을 위해서도 국가와 지자체가 도시열섬현상에 대한 대비와 검토를 본격적으로 시작할 필요가 있을 것이다.

효과적이고 효율적인 도시열섬현상 대책으로는 점적 열 분포의 파악도 중요하나 면적인 열 분포를 파악하는 것이 중요하다. 위성센서로부터 얻어진 위성 열 영상은 광역지역에 대해 균질의 공간정도로 도시와 교외의 지표면온도를 관측할 수 있다. 또한 도시 외곽을 둘러싼 산과 들의 논은 도심부의 열을 흡수하는 버퍼역할을 하면서 도시열섬현상을 완화하는 것으로 추정된다. 이와 같이 지역의 열 환경에는 토지 표면의 피복상태가 밀접한 관계를 갖고 있다는 점에서 위성을 이용하여 지역의 열 환경을 객관적으로 평가할 목적에 적합한 데이터인 것으로 생각된다.

본 연구에서는 도시열섬현상 파악에는 시기적으로 늦은 9월 24일의 ASTER 열 영상을 이용하여 청주시주변의 지표면온도 분포를 정량적으로 파악하는데 목적을 두었다.

## II. 연구방법

### 1. 해석 대상과 데이터의 특성

위성영상 데이터를 이용한 해석은 2004년 9월 24일 청주와 진천을 포함한 지역을 촬영한 TERRA/ASTER 영상을 이용하였다.

ASTER 위성은 표 1과 같이 가시광선과 근적외선 파장영역(VNIR; Visual-Near Infrared)의 3개 밴드와, 단파장 적외선(SWIR; Short Wave Infrared) 영역 6개 밴드, 열적외선 영역은 TIR(Thermal

Infrared) 5개 밴드로 구성되어 있다. ASTER의 열적외선 센서는 이와 같이 5개 밴드로, 오존 흡수대를 포함한 단파장에 3개 밴드, 장파장에 2개 밴드로 구성되어 있다. 공간해상도는 90m, 파장해상도는 전자가 0.35 $\mu$ m, 후자가 0.7 $\mu$ m이다.

해석대상 범위는 가시광선과 근적외선 파장영역의 3개 밴드를 이용하여 False color로 표시한 그림 1과 같이 청주시를 포함한 2,000 $\times$ 2,000화소로 30km $\times$ 30km를 대상으로 하였다.

기상청자료에 의하면 2004년 9월 24일 청주와 진천을 포함한 지역의 날씨를 대체로 맑고 청주의 평균기온이 20.4 $^{\circ}$ C, 평균풍속 1.5m/s, 상대습도 66.6%, 운량은 10%였다.

## 2. TIR데이터 해석

ASTER의 열적외선 센서인 TIR의 사용목적은 지표면온도와 지표면분광 복사율을 고정도로 도출해내는 것이다. 열적외 리모트센싱에서는 대기보정 후에 얻어지는 지표의 열복사는 Plank식으로 나타낼 수 있으며, 이것은 온도와 복사율의 함수가 된다.

Plank 함수는 온도 값으로 표현되는 흑체에서 방출되는 복사휘도 또는 에너지강도를 나타낸다. 이 함수는 파장과 주파수, 파수로 표현할 수 있다

$$L_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (\exp(hc/kT\lambda) - 1)}$$

(1)여기서,  $\lambda$ 는 파장,

$T$ 는 흑체의 절대온도,

$L_{\lambda}(T)$ 는 복사휘도  $W/(m^2 \cdot sr \cdot m)$ ,

$h$ 는 Plank상수 ( $6.6262 \times 10^{-34} W \cdot s^2$ ),

$c$ 는 빛의 속도 ( $2.997925 \times 10^8 m/s$ ),

$k$ 는 Boltzmann상수 ( $1.3806 \times 10^{-23} J/K$ )이다.

ASTER TIR데이터를 취득하여 식 (2)와 같은 Plank방정식을 이용하면 지표면온도(Land Surface Temperature, LST)를 추정할 수 있다.

표 1 ASTER데이터의 밴드별 파장영역과 공간해상도 및 방사해상도

Spectral band	Spectral range( $\mu$ m)	Spatial resolution	Dynamic range
1 (Green)	0.52-0.60	15m	8 bit
2 (Red)	0.63-0.69	15m	8 bit
3 (NIR)	0.76-0.86	15m	8 bit
4 (SWIR)	1.60-1.70	30m	8 bit
5 (SWIR)	2.15-2.19	30m	8 bit
6 (SWIR)	2.19-2.23	30m	8 bit
7 (SWIR)	2.24-2.29	30m	8 bit
8 (SWIR)	2.30-2.37	30m	8 bit
9 (SWIR)	2.36-2.43	30m	8 bit
10 (TIR)	8.13-8.48	90m	12 bit
11 (TIR)	8.48-8.83	90m	12 bit
12 (TIR)	8.93-9.28	90m	12 bit
13 (TIR)	10.25-10.95	90m	12 bit
14 (TIR)	10.95-11.65	90m	12 bit

$$T = \frac{C_2}{\lambda_i \ln \left( \frac{C_1}{\pi \lambda_i^5 L_\lambda} + 1 \right)} \quad (2)$$

여 기 서 ,  
 $C_1 = 2\pi hc^2 = 3.7418 \times 10^{-16} (W \cdot m^2)$ ,  
 $C_2 = hc/k = 0.014338 (m K)$ ,  
 $L_\lambda = (DN_i - 1)R_i$ 이다.  
 여기서,  $DN_i$ 는 각 밴드의 화소(pixel)값,  
 $R_i$ 는 온도변환을 위한 파라미터이다.

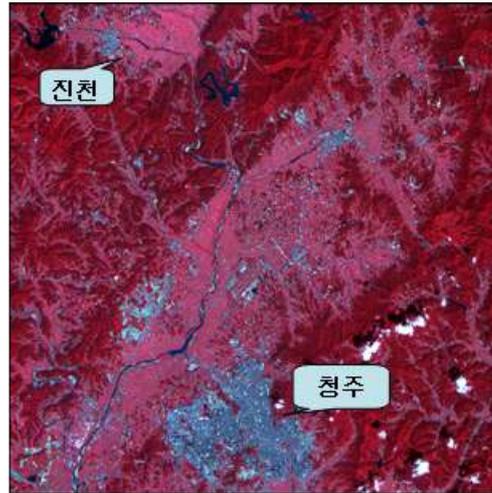


그림 1 해석대상지역에 대한  
 ASTER/VNIR영상(Pseudo-color)

### III. 결과 및 고찰

#### 1. VNIR데이터를 이용한 식생지수

ASTER데이터를 이용하여 지표면온도(LST)를 구하기 위해서는 그림 2와 같은 과정을 거쳐 계산하게 된다. 연구 대상지역의 토지피복상태에 따른 지표면온도를 알기 위해서는 정규화 식생지수(NDVI)가 유용하게 활용되고 있다. 따라서 연구 대상지역의 토지피복분류를 위하여 VNIR센서에 해당하는 밴드 2와 3의 데이터를 이용하여 NDVI를 구하였다.

$$NDVI_{\text{ASTER}} = \frac{\text{Band 3} - \text{Band 2}}{\text{Band 3} + \text{Band 2}}$$

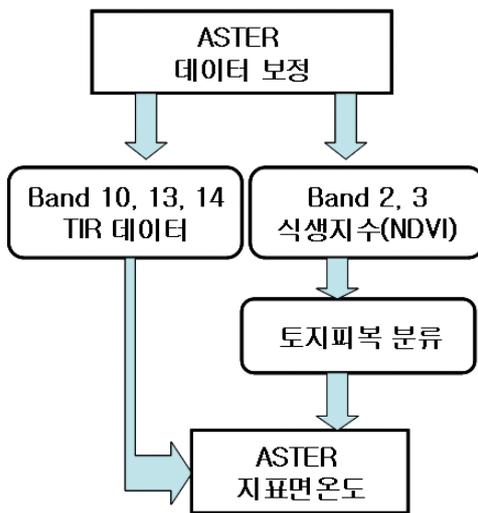


그림 2 ASTER를 이용한 지표면온도  
 추정 흐름도

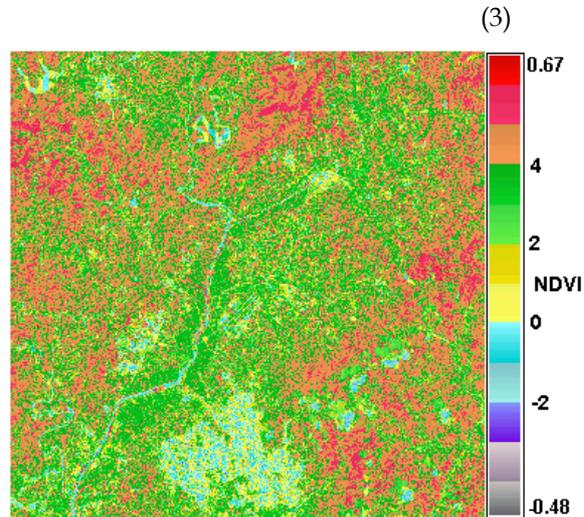


그림 3 ASTER에 의한 NDVI

여기서,  $NDVI_{\text{ASTER}}$ 는 ASTER센서에 의한 정규화 식생지수이며, Band 2는 파장  $0.63-0.69\mu\text{m}$ 의 가시광선 Red 밴드, Band 3은 파장  $0.76-0.86\mu\text{m}$ 의 근적외선 밴드이다.

식 (3)을 적용하여 얻어진 결과를 나타내면 그림 3과 같다.

그림과 같이 식생지수가 높게 분포하는 지역은 청주시 주변을 둘러싼 산지역이 NDVI 4이상의 높은 식생지수를 나타냈으며, 가장 낮은 지역은 청주시가지와 청주공항 등의 구조물로 피복이 된 지역이었다. 논문 2에서 4의 범위에 해당하였다.

## 2. TIR을 이용한 복사휘도

열적외선은 파장 8~12 $\mu\text{m}$ 를 중심으로 한 파장영역을 말한다. 이 파장영역은 상온(300K정도)의 물체로부터 열복사가 최대가 되는 파장영역을 말한다. 또한 대기의 영향이 적어 지표면온도 추정을 위한 리모트센싱관측에 사용되고 있다.

흑체에서 방출되어 지표면에 도달하여 흡수, 산란, 또는 반사되는 에너지는 물체에 따라 다른 복사량을 갖는다. 복사휘도는 식(1)에 제시한 관계의 특성을 가지며 지표면의 각 물체에 대한 복사강도를 나타낸다.

본 연구의 대상지역에 대한 복사휘도를 알아보기 위하여 열적외선센서인 TIR의 데이터를 이용하여 복사휘도를 계산하였다. 복사휘도 계산에 이용된 밴드는 그림 4와 같이 밴드 10, 13과 14밴드이다. 여기서, 밴드 10은 파장범위가 8.13-8.48 $\mu\text{m}$ 이며, 밴드 13은 10.25-10.95 $\mu\text{m}$ , 밴드 14는 10.95-11.65 $\mu\text{m}$ 의 파장영역을 나타낸다.

복사휘도의 분포는 밴드 14를 Red에 적용하고, 밴드 13을 Green에 적용하였으며, 밴드 10을 Blue에 적용하였다. 얻어진 결과를 그림으로 나타내면 그림 5와 같다.

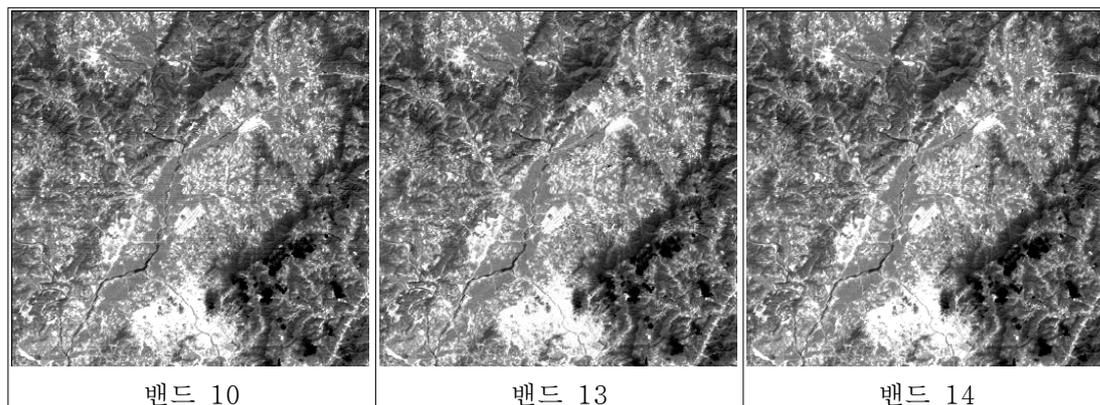


그림 4 복사휘도 계산을 위한 TIR센서 밴드 10, 13, 14의 영상

그림 5와 같이 TIR센서로 얻어진 복사휘도의 경우 VNIR데이터를 이용해 구한 NDVI와 매우 유사한 분포 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 면적인 열 분포는 토지표면의 피복상태와 밀접한 관계를 가져 피복물체가 방출하는 복사열에 의해 반응하여 지표면온도로 나타나게 된다.

복사휘도의 양이 낮게 나타난 지형은 물이 있는 지형과 높은 산의 경우 매우 낮은 값을 나타냈다. 다음으로 논 지형으로 도심주위에 산과 함께 많이 분포하면서 도심부의 온도상승을 완화하는 작용을 하는 것으로 추정된다.

## 3. TIR을 이용한 지표면온도의 추정

식 (1)과 (2)에서 제시한 방법을 이용해 ASTER의 TIR데이터를 적용하여 지표면온도를 구하면 그림 6과 같은 결과를 얻을 수 있다.

얻어진 결과를 보면 논은 약 20~22 $^{\circ}\text{C}$ 를 기록한 반면 도심부는 약 24~26 $^{\circ}\text{C}$ 를 나타내고 있

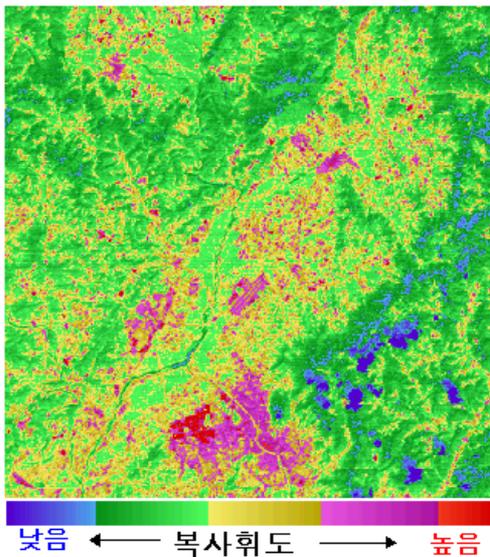


그림 5 ASTER를 이용해 추정한  
청주시주변의 복사휘도 분포

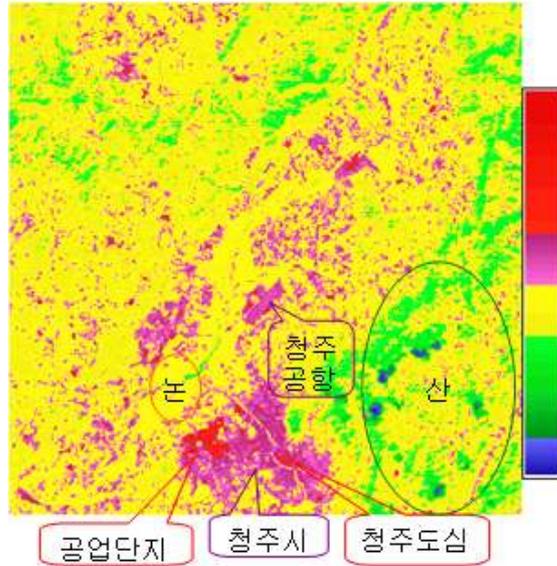


그림 6 ASTER의 TIR 밴드 10을 이용해 산정  
한 지표면온도분포

다. 특히 청주 도심과 공단의 경우 가장 높은 26~28℃를 보이고 있다. 특히 여름철에 도시지역에 공단이 있을 경우 전체적인 도시의 온도상승에 크게 기여하고 있는 것으로 판단된다. 한편 지표면온도가 가장 낮은 지역은 청주의 동쪽에 위치하는 산으로 도심보다 약 6~7℃ 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 도심 주위에 분포하는 산과 들, 논 등의 경우 도심부에 비해 상대적으로 낮은 온도분포를 보여 도시의 온도상승을 억제하여 도시지역의 열섬현상과 열대야를 방지하는 중요한 역할을 하고 있는 것으로 판단된다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 ASTER 위성 데이터를 이용하여 광역에 걸쳐 균질인 공간 열정보를 취득하는 방법에 대해 조사하고, 위성 열 영상을 이용하여 지표면온도를 추정하는 방법에 대해 검토하였다.

얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 식생지수가 가장 높은 지역은 청주시 주변을 둘러싼 산지역이 NDVI 4 이상을 나타냈으며, 가장 낮은 지역은 청주시가지와 청주공항 등 구조물로 피복이 된 지역이었다. 논은 2에서 4의 범위에 해당하였다.
2. TIR 센서로 얻어진 복사휘도의 경우 VNIR 데이터를 이용해 구한 NDVI와 매우 유사한 분포 경향을 보였다. 복사휘도의 양이 낮은 지형은 물과 높은 산이었으며, 다음이 논 지형으로 도심주위에 산과 함께 많이 분포하면서 도심부의 온도상승을 완화하는 작용을 하는 것으로 나타났다.
3. 논은 약 20~22℃를 기록한 반면 도심부는 약 24~26℃를 나타내고 있다. 특히 청주 도심과 공단의 경우 가장 높은 26~28℃를 보이고 있다. 특히 여름철에 도시지역에 공단이 있을 경우 전체적인 도시의 온도상승에 크게 기여하고 있는 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. Coll C., Caslles V., Rubio E., and Valor E., 2001. Analysis of thermal infrared data from the Digital

- Airborne Imaging Spectrometer, *International Journal of Remote Sensing*, vol.22, no. 18, pp.3703-3718.
2. Schmugge, T.J., Kustas, W.P., and Humes, K.S., 1998. Monitoring land surface fluxes using ASTER observations. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 36, pp.1421-1430.