

# Landsat TM 데이터에 의한 식생피복율과 지표면온도와의 관계 해석

## Analysis of Relationship between Vegetation Cover Rates and Surface Temperature Using Landsat TM Data

박종화\*·나상일·김진수 (충북대)

Park, Jong-Hwa·Na, Sang-Il·Kim, Jin-Su

### Abstract

Land surface temperature(LST) is one of the key parameters in physics and meteorology of land-surface processes on regional and global scales. Urban Heat Island(UHI), a meteorological phenomenon by which the air temperature in an urban area increases beyond that in the suburbs, grows with the progress of urbanization. Satellite remote sensing has been expected to be effective for obtaining thermal information of the earth's surface with a high resolution. The main purpose of this study is to produce LST map of Cheongju and to analyze the spatial distributions of surface heat fluxes in urban areas.

This study, taking Cheongju as the study area, aims to examine relationship between vegetation cover rates and surface temperature, and to clarify a method for calculation surface temperature with Landsat TM thermal images.

### I. 서론

지구온난화와 더불어 도시화에 따른 콘크리트 피복율의 증가, 자동차 보급률의 확대는 CO<sub>2</sub>발생량의 증가를 가져와 여름의 고온화를 가속화하고 있다. 공업화와 도시에의 인구가 집중됨에 따라 도시의 지표면은 인공구조물로 덮여지고 식생은 감소하여 도시의 온도는 일사가 강한 여름철에 매우 높은 온도를 나타낸다. 이는 다시 냉방이용에 의한 전력소비와 인공배열의 증가, 주거환경의 악화 등의 2차적인 문제를 불러오고 있다. 선진국의 경우 이러한 환경에 의해 도시의 기온이 외각지대에 비해 높게 되는 열섬현상(Heat island)은 도시의 열 환경 악화에 의한 결과로 보고 있다. 우리의 경우도 각 지역의 도시화에 따른 열 환경이 어떻게 형성되어 있고 앞으로 어떻게 변화해 갈 것인지를 알아야 도시 열섬현상의 방지와 열대야를 미연에 방지해 갈 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 이유 때문에 도시주변의 열 환경을 조사하고 분석하여 열섬현상의 예방과 완화를 위한 방안을 마련해 가야 될 것이다.

또한 도심주변에서 점점 사라져 가고 있는 숲과 논이 갖는 기능이 도시주변의 열 환경에 미치는 영향이 어느 정도인지를 정확하게 파악할 필요가 있을 것이다. 이는 여름철 도시의 열 환경 개선 방안으로 도심주변에 위치한 농지와 산림 등의 녹지 및 도심에 분포해 있는 녹지를 활용하여 기온을 완화하는 작용과 메커니즘을 파악하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 논과 산림 등의 녹지에 의한 기온완화작용의 실태를 파악하기 위해서는 광범위한 다수의 녹지를 대상으로 식생피복상태와 온도분포와의 관계를 정량적으로 해석할 필요성이 있다. 그러나 기상관측에 의한 해석은 어려움이 많다.

따라서 본 연구에서는 Landsat 5호에 탑재한 TM(Thematic Mapper)센서에 의해 촬영된 데이터(이후, TM데이터)를 이용하여 지표면의 피복상태와 지표면온도에 관해 해석하였다.

### II. 연구방법

### 1. 해석 대상지의 선정과 데이터

해석에는 2004년 8월 31일(수)에 청주지방을 촬영한 TM데이터 (Path:115, Row:35)를 이용하였다. 기상청 데이터에 따르면 촬영당일의 청주시는 맑고, 평균기온은 24.3°C, 최고기온은 29.6°C이었다. 일반적으로 대기중에 수증기가 많은 여름에는 노이즈가 많으나 이 날은 맑은 날씨에 양질의 영상을 얻을 수 있었다.

해석대상 지역에 대해 Red(밴드 7), Green(밴드 5), Blue(밴드 1)로 설정하여 Natural color로 표시하면 그림 1과 같다.

해석대상 범위는 그림 1과 같이 청주시를 포함한 700×700화소로 21km×21km를 대상으로 하였다.

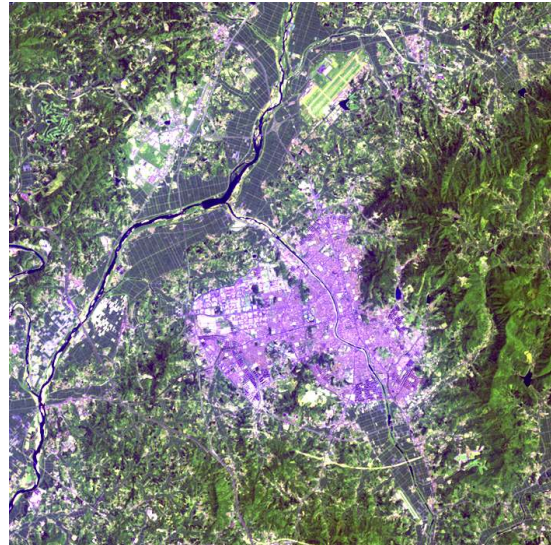


그림 1 해석 대상 영역 [ R(7)-G(5)-B(1) ]

### 2. 화소내 식생피복율의 추정

위성 RS에 의한 식생피복율의 추정방법은 연구 목적과 대상에 따라 다양하게 제시되고 있으며, 그 중 정규화 식생지수(이후, NDVI)를 이용하는 추정법이 가장 실용적인 방법으로 알려져 있다. 여기서 NDVI는 식생피복상태에 따라 비선형으로 변화한다. Hirano 등(2002)은 화소내 피복상태를 보다 직접적으로 면적비 표현을 위해 선형복합모델을 적용한 추정식을 이용하고 있다. 그러나 육지의 화소내 피복율의 경우 선형복합모델방법이나 선형회귀 등의 간편한 방법을 사용하여도 정도에는 거의 영향이 없는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 NDVI에 의한 선형회귀 추정방법을 적용하여 화소내 식생피복율을 구하였다.

### 3. 정규화 식생지수(NDVI)의 계산

현장의 식생지수는 분광반사<sup>1)</sup>에 대해 Li-Cor사의 LI-1800을 이용하여 측정하고 가시광 영역에서 계측된 680nm( $R_{680}$ )의 파장과 근적외 파장영역의 800nm( $R_{800}$ )를 이용하여 현장의 정규화 식생지수( $NDVI_{field}$ )를 식 (1)과 같이 산출하였다.

$$NDVI_{field} = \frac{IR_{800} - R_{680}}{IR_{800} + R_{680}} \quad (1)$$

Landsat 5호의 위성영상을 이용하여 식생지수는 Band 3(분광해상도 0.63~0.69 $\mu$ m, 공간해상도 30×30m)과 Band 4(분광해상도 0.775~0.805 $\mu$ m, 공간해상도 30×30m)를 이용하여 구하였다. 두 밴드 사이의 관계를 그림으로 나타내면 그림 2와 같다.

또한 Landsat 위성영상의 정규화 식생지수( $NDVI_{Landsat}$ )를 식 (2)와 같이 구하였다.

$$NDVI_{Landsat} = \frac{BandA - BandB}{BandA + BandB} \quad (2)$$

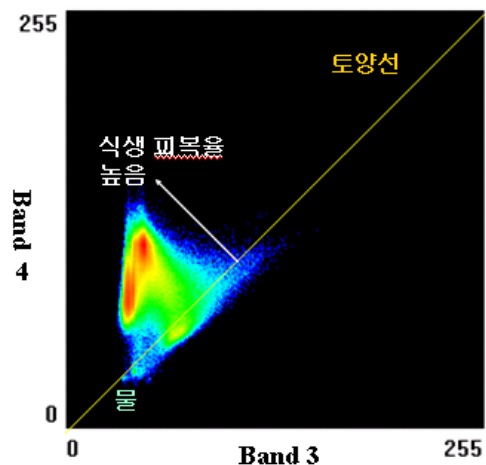


그림 2 Band 3과 Band 4의 관계

여기서 Band 3은 빨강색 과장을 나타내며, Band 4는 근적외선 과장을 나타낸다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 정규화 식생지수(NDVI)의 분포

2004년 8월 31일 Landsat 5호 위성으로 관측한 TM데이터를 이용하여 식 (2)와 같이 계산한 NDVI를 나타내면 그림 3과 같다. 이 NDVI에 대해 토지피복상태에 따른 면적 구성을 보기 위하여 7가지로 토지피복을 구분하여 얻어진 결과를 정리하면 표 1과 같다. 이 값은 현지조사에서 얻어진 NDVI와 잘 일치하고 있는 것이 확인되었다.

NDVI 값이 가장 높은 곳은 산지역으로 평균 0.4로 나타났으며, 다음이 논으로 평균 0.38을 보였다. 또한 가장 낮은 곳은 공업단지 지역으로 평균이 -0.09이고 다음이 시가지로 평균 -0.08을 기록하였다. 이는 공업단지와 시가지가 표면의 피복 형태가 콘크리트 등으로 되어 있어 유사하게 나타난 것으로 해석된다.

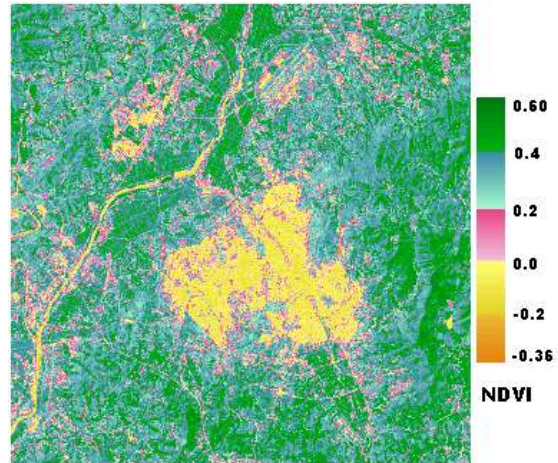


그림 3 2004년 8월 31일 Landsat 5호 데이터를 이용한 정화화 식생지수(NDVI) 분포도

#### 2. 지표면온도의 추정

본 연구에서는 RS로 측정된 지표면온도를 대기 가열량의 지표로 사용하기 위하여 지표면온도의 절대치보다 상향의 장파 복사량이 중요하다. 따라서 지표면온도에 대한 검토는 Landsat 5호 TM Band 6의 DN 값을 이용하였다. 밴드 6의 DN 값을 그림으로 나타내면 그림 4와 같다. 이와 같이 지표면온도를 단위가 없는 DN 값으로 표현하는 것 보다는 섭씨온도로 표현하는 것이 보다 알기 쉬울 것으로 판단되어 Band6의 DN 값의 차이를 섭씨온도로 환산하였다. 이 환산은 지표면부근의 물체가 흑체복사를 한다고 가정하고 청주시 기상관측 지점의 온도를 참조하여 지표면온도(T)의 환산식을 구하였다.

표 1 NDVI에 의한 토지피복구분

구분	픽셀수	면적(km <sup>2</sup> )
공업단지	6,729	6.056
시가지	59,189	53.270
수면	4,412	3.971
논	129,172	116.255
나지	103,579	93.221
잡목, 초지	93,491	84.142
산	93,428	84.085
계	490,000	441.0

$$T = 0.413 \times \text{Band6의 DN 값} - 33.21 \quad (3)$$

Landsat 5호 밴드 6을 이용하여 식 (3)과 같이 계산한 지표면온도 T(°C)를 나타내면 그림 5와 같다.

청주시 주변지역의 지표면온도분포를 보면, 온도가 가장 높게 형성된 지역은 청주시 북서쪽에 위치한 공업단지지역으로 온도가 35°C 전후로 가장 높게 나타났다. 다음은 시가지지역으로 아스팔트와 콘크리트로 덮여 있는 아파트, 주택단지 25~29°C 정도로 높은 온도분포를 형성하고 있다. 한편 온도가 가장 낮게 형성된 지역은 청주 동쪽의 상당산성이 위치한 높은 산지역(선도산, 가래산

등)으로 지표면온도가 17~19°C 전후의 가장 낮은 온도를 보였다. 다음으로 도시 주위에 분포하고 있는 논 등 경작지의 지표면온도가 19~21°C 전후의 온도를 형성하고 있다. 이와 같이 온도가 가장 낮은 동쪽의 선도산과 가래산지역과 공단지역과의 온도 차는 약 15~18°C 정도로 크게 나타났다. 또한 청주의 남과 북쪽에 많이 분포하고 있는 논외의 경우 도심지역에 비해 지표면온도가 상대적으로 약 6°C 정도 낮은 것으로 나타났다. 이 결과는 한 여름철 도심부의 경우 온도상승이 급격하게 이루어진 반면 도심주변의 녹지 즉 산과 논은 서서히 온도가 상승하며 도심부보다 낮은 온도분포를 보여, 산과 논에 의해 도심지역의 온도상승을 억제하고 도시의 열섬현상을 완화 또는 억제하는 기능을 발휘하는 것으로 판단된다.

한여름의 경우 열 배출이 많은 공업단지와 도심에서 높아진 온도를 도시주변의 숲과 논 등에서 형성된 낮은 온도가 열의 평형을 이루기 위해 이동하여 열 교환이 이루어지는 것으로 판단된다. 따라서 공업단지와 시가지의 경계에 위치한 잡목과 혼성지대는 열 교환이 이루어지는 지점이 되어 논과 시가지 온도의 중간 온도를 나타내는 것으로 판단된다.

특히 청주시의 경우 구 도심부온 온도가 공업단지 다음으로 높고 최근 들어 새로운 개발이 활발하게 진행되고 있는 서남부지역의 지표면온도도 주변 녹지의 감소로 점점 높아지고 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 한 여름철 도심부의 온도상승은 도시의 열 환경을 악화시켜 여름밤의 열대야와 도시의 열섬현상을 가속화 시키는 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 도시의 열 환경 개선을 위해 다양한 검토가 계속되어야 할 것이다.

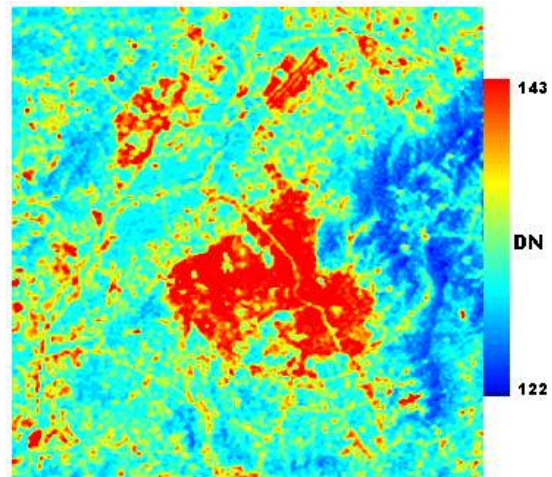


그림 4 Landsat 5호 밴드6 데이터를 이용한

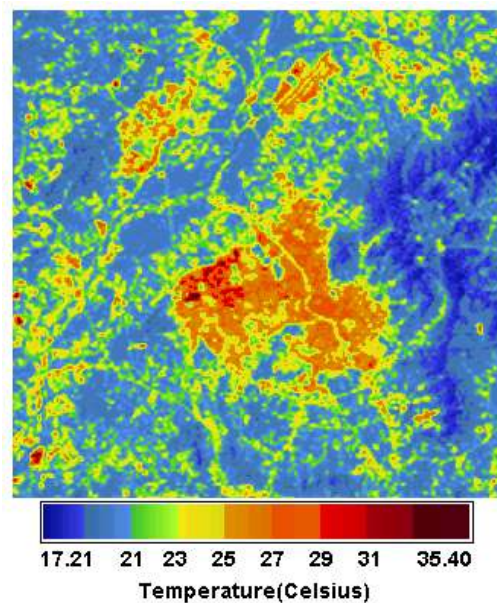


그림 5 청주지역주변의 지표면온도분포

### 3. NDVI와 지표면온도와의 관계

2004년 8월 31일 Landsat 5호 TM데이터에 대해 NDVI와 지표면온도와의 산포도를 작성하여 제시하면 그림 6과 같다. 그림과 같이 NDVI와 지표면온도의 상호관계는 높은 부의 상관관계가 있으나 반드시 선형관계를 이루지는 않는 것으로 나타났다. 특히 NDVI가 0에 가까운 픽셀의 경우 지표면온도는 다양한 분포를 보인다. 이 지점은 물과 토양과 식생조건이 갖는 경계지점으로 물과 토양과 식생분포가 갖는 경계지점에서 보이는 영향이 온도분포에 반영된 것으로 생각된다. NDVI가 0보다 큰 지점의 경우는 NDVI가 증가함에 따라 지표면온도는 상대적으로 감소하는 경향을 보였다. 이와 같이 도심 주변에 분포하는 많은 녹색 식물들은 낮은 지표면온도로 되어 있어 도심에서 높아진 온도를 완화하는 기온저감효과를 갖고 있다는 점이 확인되었다.

열 환경 개선 방안으로 도심주변에 위치한 농지와 산림 등의 녹지와 도심에 존재하는 녹지의 활

용에 의한 기온완화작용이 있을 것이다. 이와 같은 녹지는 식물과 토양으로부터 증발산을 촉진시켜 습도와 잠열 운송량을 높이는 작용을 하고 있다. 그 결과 녹지 주변은 온도가 낮아지고 주변 도시의 고온과 낮은 습도와 평형을 이루기 위하여 기온완화작용을 하게 된다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 도시의 확장과 인구집중 현상에 의해 여름철에 자주 발생하고 있는 열대야와 도시열섬현상(UHI) 등에 주변의 논과 숲이 어떠한 역할을 하는지에 알아보기 위해 환경관측위성인 Landsat 5호 TM데이터를 이용하여 청주시 주변에 대한 열 환경을 조사하였다.

얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. NDVI 값은 산지역이 평균 0.4로 가장 높고, 다음으로 논이 평균 0.38로 높았다. 또한 가장 낮은 지역은 공업단지로 평균 -0.09이고 다음이 시가지로 평균 -0.08을 보였다.
2. Landsat 5호 TM Band 6의 DN 값을 이용하여 지표면온도 환산식을 유도하고 제시하였다.
3. 지표면의 피복율을 나타내는 NDVI와 지표면온도는 높은 부의 상관관계가 있었으나, 반드시 선형 관계는 아닌 것으로 나타났다.
4. 한 여름철 온도가 가장 높은 지역은 공업단지였으며 다음이 시가지로 나타났다. 반면 온도가 가장 낮은 지역은 동쪽에 위치한 높은 산지역이고 다음으로 논 지역으로 나타났다. 온도가 가장 낮은 동쪽의 선도산, 가래산지역과 공업단지지역과의 온도 차는 약 15~18℃ 정도로 크게 나타났다.
5. 청주의 남과 북쪽에 많이 분포하고 있는 논인 경우 도심지역에 비해 지표면온도가 상대적으로 약 5℃ 정도 낮은 것으로 나타났다. 이는 논에 의해 도심지역의 온도상승을 억제하여 도시의 열섬현상을 완화 또는 억제하는 기능을 갖는 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 박종화, 류경식, 2005. AVHRR영상과 분광반사특성을 이용한 식생지수(NDVI)의 변동특성, 환경복원녹화 Vol.8, No.2, pp. 33-40.
2. 平野勇二郎, 安岡善文, 柴崎亮介, 2002, 都市域を対象としたNDVIによる実用的な緑被率推定, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 22, No. 2, pp. 163-173.
3. Price, J.C., 1979, Assessment of the urban heat island effect through the use of satellite data, Monthly Wether Review, 107, pp.1554-1557.

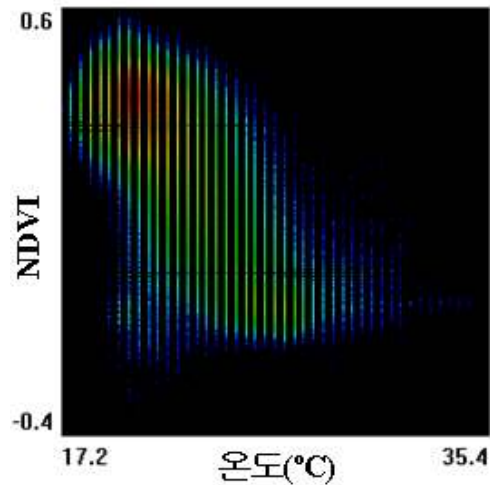


그림 6 지표면온도와 NDVI의 관계