

# Quick-bird와 Landsat영상을 이용한 청주시 하천 주변의 열환경 특성 분석

## Analyzing the Stream Thermal Environmental Characteristic in Cheongju City using Quick-bird and Landsat Imagery

나상일\*, 박종화\*\*, 박진기\*\*\*

Sang Il Na, Jong Hwa Park, Jin Ki Park

### 요 지

교통과 산업의 발달로 농촌인구의 감소가 빠르게 진행되고, 도시로 유입된 인구의 거주 공간 확보를 위해 도시주변의 피복 변화가 빠르게 진행되고 있다. 도시 지표의 대부분이 아스팔트나 콘크리트 등으로 피복되어 있어 도심의 기온이 교외와 비교하여 높게 형성되는 도시열섬현상(urban heat island, UHI)이 두드러지고 있다. 따라서 도시열섬현상 해소 대책으로 다양한 방법들이 분야별로 제안되고 있다.

본 연구에서는 청주시 소재(미호천과 무심천을 대상으로) 하천으로 부터 떨어진 거리에 따른 열 환경에 대하여 토지 피복에 따른 공간적 특성 분석을 수행함으로써 하천이 도심지 열 환경에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 하천을 중심으로 0~1000m 까지 200m 간격의 버퍼를 생성하고 Landsat 영상에 의한 NDVI와 온도분포도를 이용하여 청주시 하천의 근접성에 따른 NDVI 및 온도 분포 분석 결과, NDVI는 하천을 기준으로 거리가 멀어질수록 점차적으로 증가하는 경향을 보였고 온도는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 Quick-bird 영상에 의한 토지피복도와 NDVI, 온도 데이터를 중첩분석한 결과 NDVI는 산림-경작지-초지-나지-시가지 및 건조지 순으로 나타났고 평균온도는 NDVI의 역순으로 나타났다. 특히, 시가지를 비롯하여 공업지, 상업지 등 건조지역과 나지는 평균 24℃ 이상으로 인구밀집지역은 높은 온도분포를 나타내는 것을 알 수 있었다.

**핵심용어** : 도시열섬현상, Landsat, NDVI, Quick-bird, 온도분포, GIS, RS

## 1. 서 론

교통망의 확충 등으로 농촌인구의 감소는 빠르게 진행되면서, 도시로 유입된 인구의 거주 공간 확보를 위해 도시주변은 택지개발 등 토지이용과 지표면 피복형태 변화가 빠르게 진행되고 있다. 또한, 도시 지표면의 대부분이 아스팔트나 콘크리트 등으로 피복되어, 여름철에 수분 증발에 의한 온도저하가 없고, 냉난방기구 등 공조설비의 증가에 따라 고밀도의 에너지가 소비되어 도심의 기온이 교외와 비교하여 높게 형성되는 도시열섬현상(urban heat island, UHI)이 두드러지고 있다. 이러한 도시열섬현상 해소 대책으로 분야별로 다양한 방법들이 제안되고 있다. 그중 도심지의 하천 복원 및 친수공간 조성 사업이 각 지자체별로 실시되고 있으나 실제로 얼마나 영향을 미치고

\* 정회원 · 선도소프트 U-전략사업단 · E-mail : sangil917@hanmail.net  
\*\* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : jhpak7@cbnu.ac.kr  
\*\*\* 학생회원 · 충북대학교 지역건설공학과 학부과정 · E-mail : krfamily@nate.com

있는지에 대한 연구결과는 미흡한 실정에 있다.

본 연구에서는 청주시 주변의 미호천과 무심천을 대상으로 도심주변의 토지피복형태에 따른 공간 특성을 분석하고, 하천이 도심지 열 환경에 미치는 영향에 대하여 조사하고 분석하여 제시하고자 하였다.

## 2. 연구지역 및 사용 데이터

### 2.1 연구지역

본 연구의 대상지역은 하천으로부터 떨어진 거리에 따른 열환경의 변화 파악을 위하여 무심천과 미호천이 T자형으로 분포해 있는 청주시 주변지역을 선정하였다. 청주시는 삼각형 모양으로 도심이 형성되어 있고, 주위에 오창평야와 가래산 등이 위치하고 있으며, 북쪽으로는 미호천이 흐르고, 미호천의 지류인 무심천이 청주시를 양분하는 형태로 흐르고 있어 하천이 도심지 열환경 분포를 파악하기에 적합한 지역이다. 또한 청주시를 중심으로 T자 형으로 흐르는 하천을 따라 도심과 산림 및 농경지가 적절하게 분포되어 토지이용 및 토지피복에 따른 분포특성 파악이 용이한 지역이다.

### 2.2 사용데이터 및 조사내용

사용데이터는 중해상도의 Landsat 영상과 고해상도의 Quick-bird 영상을 이용하여 NDVI, 온도 및 토지피복도를 추출하였다. Landsat 영상은 30m 해상도의 band 1~4(가시광선~근적외선)와 60m 해상도의 band 6(열적외선 band)을 이용하여 지표면온도를 추정하였다. Quick-Bird 영상은 0.6m 해상도의 가시광선~근적외선 영역 4개 Band를 포함하는 고해상도 영상으로 토지피복 분류에 사용하였다. 또한 현장온도조사는 이차원복사온도계(TJ-200, TECH-JAM; 파장대 영역 : 8~16 $\mu$ m, 오차 :  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  이내)를 이용하였고, GPS는 eTrex Venture사의 GARMIN(위성포착시간: 약 15초, 위치정확도: 평균 15m(95%), 고도정확도-평균  $\pm 30\text{m}$ )을 사용하였다.

## 3. 위성영상처리

### 3.1 NDVI 및 지표면온도 계산

NDVI는 Landsat 영상을 이용하여 계산하였다. 즉, 공간해상도 30 $\times$ 30m, 분광해상도 0.63~0.69 $\mu$ m인 Band 3(빨강 파장)과 분광해상도 0.775~0.805 $\mu$ m인 Band 4(근적외선 파장)를 조합하여 계산하였다. NDVI는  $-1 \leq NDVI_{Landsat} \leq 1$ 의 값을 갖는다.

Landsat 영상의 열적외 Band 6을 이용한 지표면의 열복사는 Plank식으로 표현되며, Plank 함수는 온도 값으로 표현되는 흑체에서 방출되는 복사휘도 또는 에너지강도를 나타내는 파장과 주파수 및 파수의 함수이다. Landsat 열화상 데이터를 취득하여 Plank방정식을 이용하면 지표면온도 ( $T_{LST}$ , Land Surface Temperature, LST) 식이 얻어진다(박종화 등, 2006).

### 3.2 토지피복분류

토지피복분류는 미국지질조사원(USGS)과 우리나라 환경부의 분류체계를 참고하여 토지이용 분류기준을 마련하였다. 특히 직접 연구 대상지역을 검토하여 판독이 가능한 지형지물을 선정하여 시가지, 건조지, 경작지, 산림, 초지, 습지 및 저수지, 나지, 수역의 7개 항목(Class)으로 분류하였다. 또한 0.6m의 공간해상도를 갖는 고해상도 영상이므로 분류의 정확도를 높이기 위해 분류항목을 세분화 하였다. 분류항목은 건조지역을 공업단지, 상업지, 위락시설 용지, 교통용지, 공공시설지로 세분화 하였고 경작지는 논, 밭, 하우스재배지, 과수원, 기타 재배지로 세분화 하였다. 분류기법은 사전에 선정된 표본집단(Training Data)을 활용하여 감독분류기법(Supervised Classification) 중 최대우도분류법(Maximum Likelihood Method)을 사용하였다.

### 3.3 하천 주변 버퍼 생성

본 연구에서는 청주시 소재 미호천과 무심천을 대상으로 하천으로부터 떨어진 거리에 따른 NDVI 및 온도의 공간분포 추출을 위하여 토지피복도의 하천영역을 기준으로 반경 1km까지 200m 간격의 버퍼(buffer)를 생성하였다. 이를 기반으로 하천 주변의 거리별 공간 특성 분석을 수행하였다. 생성된 버퍼는 Fig. 1과 같다.

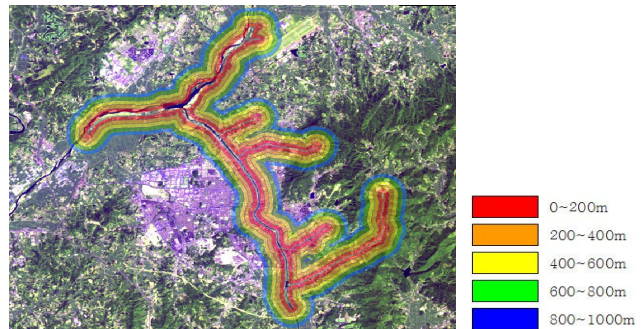


Fig. 1. 하천주변의 거리별 버퍼 생성

## 4. 분석과 고찰

### 4.1 Landsat 영상을 이용한 NDVI 및 지표면온도 분포

Landsat 영상을 이용하여 구한 NDVI 및 지표면온도 분포는 Fig. 2와 같다. 분석 결과 NDVI는 Fig. 2(a)와 같이 시가지가 -0.3~0으로 가장 낮았으며, 청주시 동쪽과 남쪽에 위치한 산림 지역이 0.5 이상으로 가장 높았다. Fig. 2(b)는 Landsat의 열적외선 밴드 Band 6으로 구한 청주시의 지표면온도 분포이다.

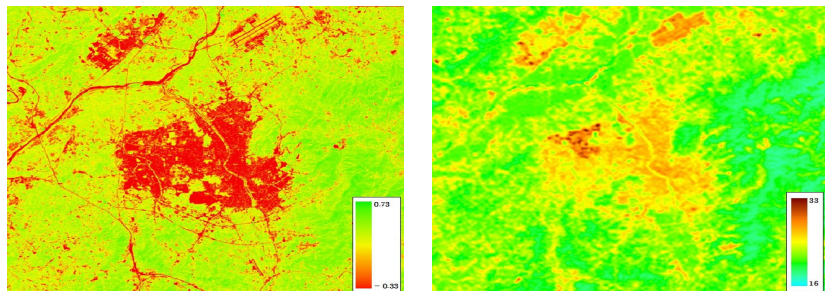


Fig. 2. 청주시 NDVI (a) 및 지표면온도 (b) 분포도

지표면온도의 경우 도심지와 나지 등 식생이 없고 반사율이 높은 지역은 30°C 이상으로 분포하였고, 반대로 식생이 많고 녹지가 있는 산림과 농경지 등의 온도는 상대적으로 낮은 16~20°C의 분포를 보였다.

### 4.2 Quick-bird 영상을 이용한 토지피복분류

Quick-bird 영상을 이용하여 최대우도분류법으로 분류한 결과를 정리하면 Table 1과 같고, 분류된 토지피복도는 Fig. 3과 같다. 분석 결과 청주시 주변의 피복특성은 논이 미호천 주변에 집

중되어 있고 시 중심은 주거지와 공업단지 등 건조지역으로 구성되어 있다. 특히, 청주시 주변의 경우 논과 밭의 면적율이 각각 20.98%와 11.77%로 농경지의 비율이 높은 것으로 나타났고 주거지를 비롯한 건조지역의 비율이 34.86%로 전형적인 도심의 토지피복 특성을 나타내었다.

Table 1. 영상분류에 따른 토지피복결과

구분	CODE	면적(km <sup>2</sup> )	면적율(%)
시가지	주거지	11	18.46
건조지	공업단지	12	4.52
	상업지	13	6.37
	위탁시설 용지	14	0.02
	교통용지	15	18.02
	공공시설 용지	16	6.29
경작지	논	21	32.31
	밭	22	18.13
	하우스캐배지	23	0.34
	과수원	24	0.85
산림	기타 재배지	25	0.49
	활엽수림	31	15.37
	침엽수림	32	13.71
초지	혼효림	33	3.56
	자연 초지	41	0.01
습지 및 저수지	기타 초지	43	2.19
	습지 및 저수지	51	0.04
나지	62	2.71	
수면	71	10.18	
총계		154.00	100.00

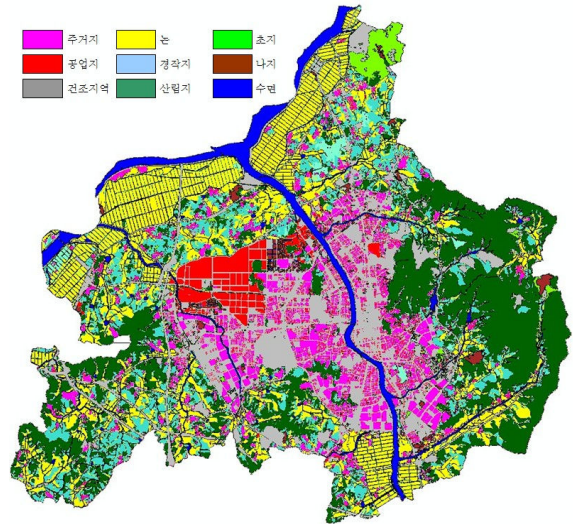


Fig. 3. 청주시 토지피복도

#### 4.3 Landsat 영상 온도와 열화상 카메라를 이용한 현장 온도와의 상관성 분석

Landsat 영상으로 추출한 지표면온도의 정확성 평가를 위해 열화상 카메라를 이용하여 현장 온도 관측지점을 10 지점 선정(Table 2)하여 이차원 복사온도계를 이용해 현장온도를 수집하였다. 현지조사는 영상 취득일에 맞추어 8월부터 10월까지 4차례에 걸쳐 측정하였다. 조사 결과 현장에서 취득한 온도는 영상으로 취득한 지표면온도에 비해 약 10°C 높게 나타났다. 이 관계를 회귀식으로 나타내면 2차식으로 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다.

Table 2. 현지조사 관측지점 및 Landsat 온도와 현지조사 온도

No.	장소	좌표	Landsat 온도(°C)	현지조사온도(°C)
1	충북대학교	N 36° 62' 81", E 127° 04' 56"	25.56	34.06
2	사창사거리	N 36° 62' 81", E 127° 04' 56"	25.99	38.26
3	청주대교	N 36° 63' 53", E 127° 04' 82"	24.69	34.31
4	성안길	N 36° 63' 56", E 127° 04' 82"	27.28	38.76
5	상당공원	N 36° 63' 68", E 127° 04' 91"	25.13	34.49
6	분평동 주공아파트	N 36° 61' 38", E 127° 04' 94"	25.99	37.27
7	분평동 분평초등학교	N 36° 61' 37", E 127° 04' 91"	25.56	34.95
8	용암동 건영아파트	N 36° 61' 11", E 127° 05' 04"	23.82	33.96
9	방서 돌다리	N 36° 60' 15", E 127° 04' 97"	20.70	31.68
10	죽천교	N 36° 63' 18", E 127° 04' 39"	23.82	32.02

#### 4.4 근접성분석에 따른 하천 주변 거리별 NDVI 및 온도 분포

미호천 및 무심천을 중심으로 반경 1km 내의 NDVI 및 지표면온도 분포 파악을 위하여 200m 간격의 버퍼를 생성하여 하천의 근접성에 따른 NDVI 및 지표면온도 분포를 조사하였다(Table 2).

그 결과 가장 가까운 거리인 200m 이내 지점의 평균 NDVI 및 온도는 각각 0.29와 23.09℃로 나타났고, 가장 먼 거리인 1km 이내 지점의 평균 NDVI 및 온도는 각각 0.39와 21.92℃로 나타났다. NDVI는 하천을 기준으로 거리가 멀어질수록 증가하는 경향을 보였고, 온도는 이와 반대로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 하천주변에 식생보다는 주차장과 하상도로 및 제방 위의 도로 등으로 구성되어 있는 결과를 반영한 것으로 판단된다. 따라서 하천정비와 복원과정에서 도시열섬현상 등을 완화하는 기능을 강화하기 위해서는 하천내에 배치하는 주차장과 도로 등을 최소화할 필요성이 있을 것이다.

#### 4.5 토지이용에 따른 하천 주변 거리별 NDVI 및 온도 분포

미호천 및 무심천을 주변 1km 내의 토지피복도와 NDVI, 온도 데이터를 중첩 분석하여 토지이용별 평균 NDVI 및 평균 온도를 추출하였다. 거리에 따른 토지피복 면적율을 살펴보면 주거지 및 상업지, 교통용지와 논은 하천에서 멀어질수록 감소하는 경향을 보였고, 밭과 산림, 초지 등은 증가하는 것으로 나타났다(Fig.4). 청주시 하천 주변의 토지피복은 주거지 및 상업지, 교통용지가 가장 큰 비율을 차지

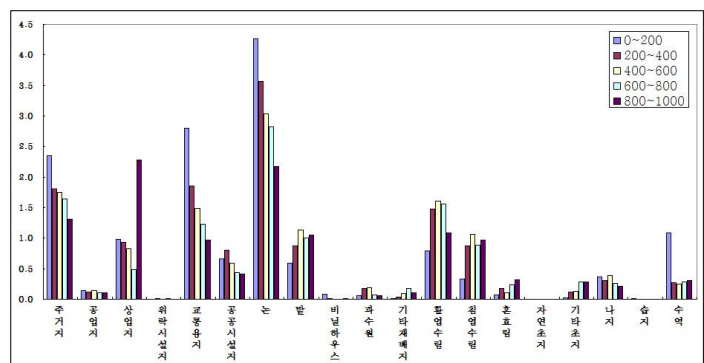


Fig. 4. 거리에 따른 토지피복 분포율

하고 논과 밭, 산림 순으로 분포하였다. 토지이용별 평균 NDVI와 온도를 추출한 결과 NDVI는 산림>경작지>초지>나지>시가지 및 건조지 순으로 나타났고, 평균온도는 NDVI의 역순으로 나타났다. 특히, 시가지를 비롯하여 공업지, 상업지 등 건조지역과 나지는 평균 24℃ 이상의 높은 온도 분포대를 형성하여 대체로 인구밀집지역은 높은 온도분포를 나타내는 것을 알 수 있었다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 청주시 소재 미호천과 무심천을 대상으로 하천으로 부터 떨어진 거리에 따른 열 환경에 대하여 토지 피복에 따른 공간적 특성 분석을 통하여 하천이 도심지 열 환경에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 그 결과 Quick-bird 영상을 이용하여 최대우도분류법으로 토지피복분류한 결과 청주시는 면적율 20.98%인 논이 미호천 주변으로 집중되어 있고 시내의 중심은 주거지와 공업지 등 건조지역으로 구성되어 있는 것으로 나타났다. 청주시 하천의 근접성에 따른 NDVI 및 온도 분포 분석 결과, 가장 가까운 거리인 200m 이내의 지점 평균 NDVI 및 온도는 각각 0.29와 23.09℃로 나타났고, 가장 먼 거리인 1km 이내의 지점 평균 NDVI 및 온도는 각각 0.39와 21.92℃로 NDVI는 하천을 기준으로 거리가 멀어질수록 증가 경향을 보였고, 이와 반대로 온도는 감소하는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. Oue H.,외 3, 1993, The characteristics of heat balance and temperature regime in the paddy, potato, bare field and the asphalt area, J. of JSIDRE 164: 97-104.