도시 내 식생변화에 따른 지표온도 변화 분석
- 분당·일산신도시를 대상으로 -

최윤조* · 이인성**
*서울시립대학교 대학원 조경학과 · **서울시립대학교 조경학과

Ⅰ. 연구배경 및 목적

현대의 도시는 산업화와 도시화가 급속히 진행되면서 도시의 인구집중과 그에 따른 건물이나 도로 등의 조성으로 인해 녹지와 하천과 같은 자연환경은 감소하고, 콘크리트와 아스팔트와 같은 인공환경이 증가해왔다. 이에 따라 도시의 온도가 주변지역에 비해 높아지는 열섬현상이 나타나게 되었고, 이러한 열섬현상은 에너지사용 증가뿐만 아니라, 인명피해와 같은 심각한 문제를 야기하고 있다.

국내에서도 이러한 기후변화에 대한 중요성을 인식하고, 이에 대응하기 위하여 많은 노력들을 기울이고 있는데, 그 중 하나로 나무심기 운동과 같이 녹지량을 증가시키기 위한 노력들이 이루어지고 있다. 하지만 이러한 녹지는 생명력이 있는 요소로서 적정 관리여건 하에서도 주변 환경에 따라 왕성한 성장을 하거나 생육환경 불량으로 고사하여 녹지로서의 기능을 잃는 등 양적인 측면이나 질적인 측면에서 변동이 있을 수 있다(윤은주 등, 2013).

지금까지 녹지의 온도저감 효과에 관한 연구는 많이 진행되어 왔으며(이혜선, 2001; 윤민호와 안동만, 2009), 윤희천 등(2013)은 도시 녹색성장을 위한 나무심기 운동을 통한 녹지의 증가에 따른 온도변화를 분석하였다. 하지만 나무심기를 통하여 녹지의 양을 증가시키는 것뿐만 아니라, 그 후에 녹지가 질적으로 잘 성장할 수 있도록 관리하는 것 또한 중요하다.

따라서 본 연구는 도시지역을 대상으로 녹지의 질적 변화를 분석하고, 이러한 식생의 변화에 따른 온도변화 정도를 규명함으로써 도시 내 녹지의 온도저감 효과를 분석하고자 한다.

Ⅱ. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

본 연구의 대상지는 1980년대 인구의 수도권 집중과 주택가격 폭등이라는 사회적 여건 하에 착수되어 주택부족 문제를 완화하기 위하여 조성된 1기 신도시 중 분당신도시와 일산신도시이다. 신도시는 계획적이고 인공적으로 조성된 도시로, 시간에 따른 변화를 분석하기에 용이하며, 분당신도시와 일산신도시는 평촌, 산본, 중동신도시에 비해 도시적 성향이 강해, 도시 내 녹지의 기능을 평가하기에 적합하다고 판단하였다. 분당신도시의 총 면적은 19,639,000m^2, 일산신도시는 15,736,00m^2이며, 녹지면적의 경우 분당신도시가 2,665,480m^2, 일산신도시가 3,703,902m^2로 일산신도시가 더 많은 양의 녹지를 포함하고 있다.

2. 연구방법

식생변화에 따른 온도변화를 분석하기 위한 방법에는 여러 가지가 있지만, 비교적 규모가 큰 도시를 대상으로 시계열적인 분석을 하는데 있어서는 인공위성 영상자료를 사용하여 분석하는 것이 적합하다고 판단하였다. 이에 따라 본 연구에서는 1기 신도시 준공 전인 1987년 5월 20일, 준공 후인 1999년 5월 21일, 준공 후 약 15년이 경과된 2013년 5월 11일의 총 3장의 Landsat 영상자료를 사용하였다. 1987년과 1999년의 영상은 Landsat TM 영상을 사용하였으며, 2013년의 영상은 Landsat LDCM 영상을 사용하였다.

신도시 녹지의 질적 변화를 분석하기 위하여 정규식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)를 사용하였다. NDVI는 식생활력도를 나타내는 지수로서, 건강한 식생의 경우 많은 양의 적색광선을 흡수하는 반면, 근적외선 파장에 대해서는 높은 반사율을 보이게 되는데, 이러한 차이를 이용하여 연산하게 되며, 그 식은 다음과 같다.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad \text{(식 1)}$$

여기서, ρ_{NIR} = 근적외선 영상의 반사율

ρ_{RED} = 적색 영상의 반사율

NDVI는 −1에서 1사이의 값을 가지며, 잘 조성된 산림처럼 식물의 광합성이 활발한 지역일수록 높은 값을, 광합성이 없는 수계나 눈 덮인 지역 등은 0 이하의 음수 값을 나타낸다(정명희 등, 2012).

신도시의 온도변화를 분석하기 위해서는 Landsat TM 영상의 Band6번 영상과 Landsat LDCM 영상의 Band10번 영상을 이용하였으며, 지표온도(LST: Land Surface Temperature)를 추출하기 위하여 NASA 모델식을 사용하였다. 그 식은 다음과 같다.

$$T = \frac{K_2}{\ln(K_1/L_\lambda + 1)} \quad \text{(식 2)}$$

여기서, T : 절대온도(Kelvin)

K_1 : 보정상수W/(m^2 · ster · μm)

K_2 : 보정상수(Kelvin)

L_λ : 복사휘도

위에서 구해진 온도는 절대온도(K)값을 가지게 되므로, 이를 섭씨온도(℃)로 환산하기 위해 절대온도에서 273.15를 빼어 분석에 사용하였다. 위성영상은 촬영 당시 온도에 따라 차이를 보이기 때문에, 도시온도를 상대적으로 비교하기 위하여 이혜선(2001)이 사용한 영상상대온도를 사용하였으며, 영상상대온도는 각 셀의 인공위성 영상온도에서 대상지 전체 평균온도를 뺀 값이다.

신도시의 경우, 준공 후 20년 동안 토지이용계획의 변경이 제한되어 있기 때문에, 토지이용변화의 측면에서 큰 변화가 없다. 따라서 본 연구에서는 녹지 지역을 제외한 지역은 NDVI의 변화가 없다는 가정 하에 대상지 전 지역의 NDVI 변화 정도를 사용하여 연구를 진행하였다.

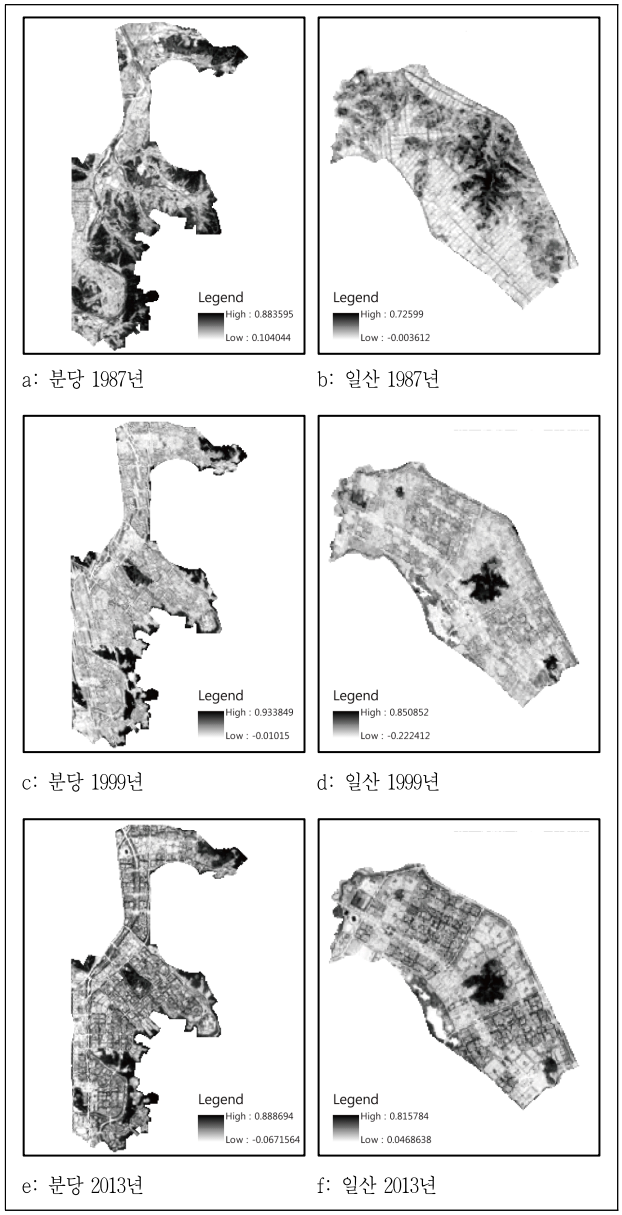
Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 식생변화 분석

NDVI를 사용하여 식생변화를 살펴보면 전체적으로 분당신도시의 NDVI가 더 높게 나타난다. 신도시 계획 시 녹지량은 일산신도시가 더 높게 조성되었음에도 불구하고, 분당신도시의 NDVI가 더 높게 나타나는 것은 경관생태학적인 측면에서 주변지역이 산으로 이루어져 있기 때문에 구조적으로 산림패치와의 연결성이 높게 나타났기 때문으로 보여진다.

분당신도시는 신도시 조성 후 NDVI 값이 0.115 감소한 것으로 나타났으며, 일산신도시의 경우 0.044 증가한 것으로 나타났다. 분당신도시의 경우, 신도시개발로 인한 녹지훼손으로 NDVI가 감소한 것으로 나타나지만, 일산신도시의 경우 분석에 사용한 Landsat 영상이 5월에 촬영한 것으로 기존의 농경지가 아직 이앙을 하지 않은 시기이기 때문에 나지로 인식되어 NDVI가 감소된 값을 나타내는 것으로 보여진다.

신도시 조성 후 약 15년이 경과된 후의 평균 NDVI는 분당신



a: 분당 1987년 b: 일산 1987년

c: 분당 1999년 d: 일산 1999년

e: 분당 2013년 f: 일산 2013년

그림 1. 정규식생지수 변화

도시가 0.105 증가하였고, 일산신도시는 0.038 증가한 것으로 나타났다. 이와 같이 분당신도시가 일산신도시에 비하여 NDVI 값이 더 높게 나타난 것 또한 위에서 언급한 바와 같이 분당신도시 주변지역에 위치한 산림의 영향을 받았을 것이라고 판단된다.

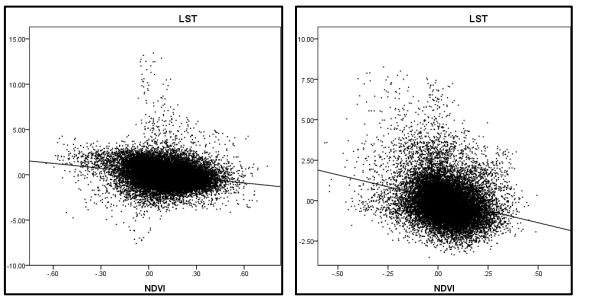
2. 정규식생지수와 지표온도의 상관성 분석

분당신도시와 일산신도시의 NDVI 변화에 따른 지표온도 변화를 분석한 결과는 그림 2와 같다. 전체적으로 NDVI의 변화 경향은 1999년보다 2013년에 증가한 것으로 나타났다.

분석결과를 살펴보면, 분당신도시의 NDVI 변화 정도와 지표

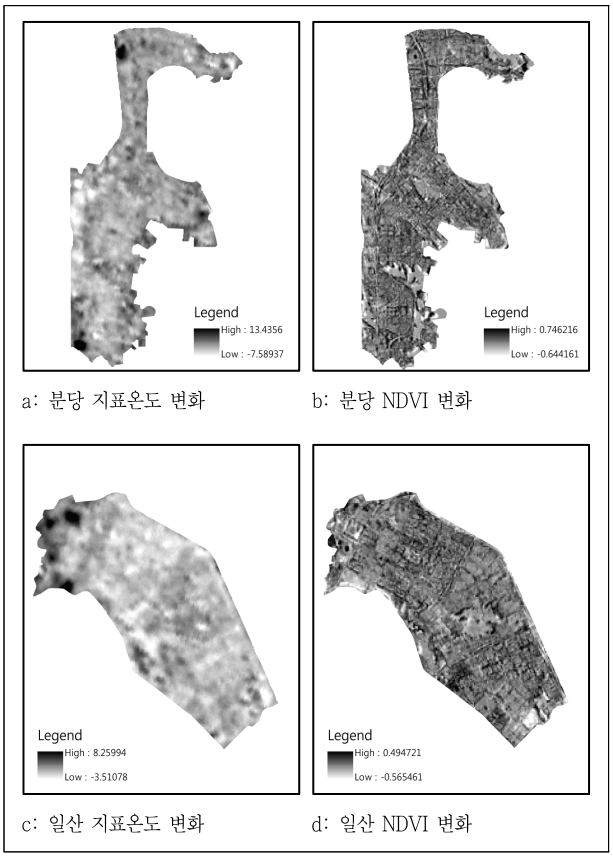
온도의 변화 정도는 상관계수 r=0.216(p<0.01), 일산신도시의 경우 상관계수 r=0.262(p<0.01)로 두 도시에서 모두 양(+)의 상관관계가 나타났지만, 모두 약한 상관관계를 나타내고 있다.

비표준화계수를 살펴보면 일산신도시의 경우 B=-2.959, 분당신도시는 B=-1.796으로 일산시도시가 약 1.5배 큰 것으로 나타나는데, 이는 일정 수준의 NDVI가 증가하였을 때 그림 2에서도 볼 수 있듯이 일산신도시가 분당신도시에 비해 약 1.5배 만큼 더 큰 온도저감 효과를 볼 수 있다는 것을 의미한다.



a: 분당 b: 일산

그림 2. LST와 NDVI의 산포도



a: 분당 지표온도 변화 b: 분당 NDVI 변화

c: 일산 지표온도 변화 d: 일산 NDVI 변화

그림 3. 1999년에서 2013년의 변화

Ⅳ. 결론

최근 도시열섬현상에 대한 관심의 증가에 따라 녹지의 도시 온도저감 효과에 대한 관심 또한 증가해왔다. 이에 따라 본 연구에서는 식생의 질적 변화에 따른 온도변화를 분석하고자 하였으며, 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 신도시 조성 후 NDVI의 변화를 살펴보면 분당신도시가 일산신도시에 비해 높은 증가경향을 나타냈으며, 이는 분당신도시 주변으로 산림이 위치하고 있어 도시 내 녹지가 성장하기에 보다 적합한 환경이 조성되었을 것이라고 판단된다.

둘째, 분당신도시와 일산신도시의 NDVI 변화와 온도 변화를 분석한 결과, 두 지역 모두 약하지만 유의미한 상관관계를 나타내고 있었다. 또한 일산신도시에서 NDVI 변화에 따른 온도저감 효과가 분당신도시에 비해 크게 나타났는데, 이는 분당신도시의 경우 주변지역에 위치하고 있는 산림으로부터 녹지의 영향을 받아왔지만, 일산신도시의 경우 주변지역이 주로 농경지로 조성되어 있어 도시 내 녹지가 성장하면서 온도저감 효과에 크게 기여한 것으로 보여진다.

이상과 같은 신도시지역의 식생변화에 따른 지표온도를 분석한 결과는 도시지역에서 녹지의 질적인 측면에서 관리의 중요성을 강조하였으며, 녹지라는 총체적인 의미뿐만 아니라 수종에 따른 온도저감 효과도 다르기에 수종에 따른 온도저감 효과를 장기간에 걸쳐 분석하는 연구도 함께 이루어진다면 보다 효율적인 도시녹지계획을 수립할 수 있을 것이라 사료된다.

참고문헌

1. 윤민호, 안동만(2009). 위성영상을 이용한 도시녹지의 기온저감 효과 분석. 한국조경학회지 37(3): 46-53.
2. 윤은주, 김현옥, 염종민(2013) 분당 신도시의 녹지 변화 경향 분석. 대한국토·도시계획학회지 48(2): 329-340.
3. 윤희천, 김민규, 정갑용(2013) 도시열섬 완화를 위한 녹지증가에 따른 온도변화 분석. 한국측량학회지 31(2): 143-150.
4. 이혜선(2001) 인공위성 영상자료를 이용한 녹지의 도시온도 저감효과에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
5. 정명희 외(2012) MODIS NDVI 시계열 패턴 변화를 이용한 산림식생 변화 모니터링 방법론. 한국GIS학회지 20(4): 47-55.
6. NASA Landsat Project Science Office(2004) "Landsat 7 Science Data Users Handbook", Chapter 11-Data Products.
7. http://www.molit.go.kr