

推移帶를 중심으로 한 경상북도 3개 도시의 열섬 평가

박인환 · 장갑수 · 김종용

경북대학교 농과대학 조경학과

Evaluation of the heat island in transition zone of three cities in Kyungpook, Korea

Park, In Hwan · Jang, Gab Sue · Kim, Jong Yong

Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University

Abstract

This study analyzed the relationship between NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) and urban heat island in three cities: Daegu, Kyungju, and Pohang for understanding the degree of nature conservation concentrating in the transition zone of them. Daegu city is the third city in Korea which has a dense population. Kyungju is a traditional city which has good nature. Pohang is an industrial city which has those of characters of Daegu and Kyungju. Landsat TM data in May 17, 1997 were used for the analysis of heat island.

There were about four theoretical models to estimate the surface temperature from TM data: Two-point linear model, Linear regression model, Quadratic regression model, and Cubic regression model. In this study, Linear regression model had been utilized to analyze the urban heat island. On the resultant images, the transition zone of Daegu was urbanized more extremely than those of other two cities. It is thought that the analysis of relationship between NDVI and surface temperature, used in this study, is regarded as one of effective methodologies for urban-environmental detection from satellite imageries.

Keyword : Urban heat-island, NDVI, Linear regression model, Transition zone

I. 서 론

산업화로 인해 인구의 도시집중이 초래됨에 따라, 지나친 개발과 이에 따른 도시화산은 도심지의 녹지를 심각하게 잠식하기에 이르렀다. 녹지

의 교란으로 인해, 녹지자원 자체를 서식지로 하는 생물종의 다양성이 상실되었고, 결국 이 문제 가 확대되어 대기오염, 수질, 심지어는 지구규모의 환경에까지 악영향을 미치면서 인간을 위한 개발행위가 도리어 인간의 존속을 위협하게 되는

부메랑현상을 유발하였는데, 주된 원인을 자연자원의 무분별한 훼손으로 귀착시켰다(J.P. Kimmins, 1987)¹⁰⁾. 자연자원에 대한 잠재성이 상실됨으로써 많은 문제가 유발되었고 이로 인해 문제의 심각성이 가중되었다는 것이다. 환경문제와 연관된 토지이용의 흐름에서 현재까지의 변화 추이를 살펴보면, 산지와 농경지가 비슷한 비율로 대지, 공업용지, 공공용지 등 산업적 용도로 전환되어 왔고, 향후 지속적인 도시화와 소득증대, 생산규모의 확대 등에 따른 산업적 용도로의 토지수요는 계속될 것으로 전망되고 있다¹¹⁾.

근본적인 도시환경문제를 해결하기 위해선, 그 가치의 정량화에 어려움이 있어 지금까지 소홀히 해왔던 기존 녹지공간의 회복을 들 수 있는데, 녹지의 기능으로는 이산화탄소 흡수, 황산화물 흡수, 산소 공급, 저수, 정수, 토사유출방지, 산사태방지, 휴양지제공 등 그 사회적 가치가 높게 평가되고 있으며⁷⁾, 이러한 녹지의 개념은 지속적인 개발(ESSD; Environmentally Sound and Sustainable Development)계획에서의 핵심적 요소(key element)¹²⁾로서 인식되고 있다.

녹지가 가지고 있는 그 공익적 기능에 있어 인간에게 많은 유익함을 제공하는 반면, 그 공간적 특성에 따라 환경정화의 효율성 정도가 다르고, 환경변화에 가장 큰 영향을 미치는 인간의 활동 정도에 따라 그 가치가 달라질 수 있다. 그 중 인간정주공간의 가장자리에 있으면서 계획적으로 개발여건이 성숙되고 있어, '개발가치'와 '보존의 당위성'을 공유하고 있는 지역인 추이대(推移帶)²⁾의 환경해석은 도심지 녹지공간의 환경보전 차원에서 매우 절실하다. 또한 도시지역 내의 추이대의 폭과 규모, 그리고 자연성의 정도도 도시 특성에 따라 다르기 때문에 단일의 관리지침을 마련하기란 쉽지 않은데, 시가지와 인접한 녹지 지역에서 보면 전이지대의 중심점이 해마다 안쪽으로 이동하고 있음을 알 수 있다³⁾. 이처럼 환경적인 외압을 계속적으로 받아왔고, 향후 개발논

리와 보존논리가 공존하는 추이대의 환경성을 파악하는 것은 토지피복과 녹지의 분포빈도와의 관련성을 검토하는데 필수불가결한 것이라 할 수 있다.

이에 본 연구는 비슷한 위도상에 위치하면서, 도시화 및 규모에 있어 차이를 보이고 있고 도시 발전 과정 및 관리에 있어서도 상이한 경상북도 지역의 3개 도시인 대구, 경주 및 포항의 추이대를 대상으로, 위성영상을 통한 녹지지수(NDVI: Normalized Difference between Vegetation Index)와 온도와의 상관성을 분석하고 녹지의 활력에 따른 온도와의 회귀모델을 도출하고자 시도하였다. 또한, 각 지역의 열섬분포를 파악함으로써, 현재까지의 각 지역 내 추이대의 기능을 분석하고, 환경 민감지역으로 나타나는 추이대의 효율적인 녹지관리를 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 이론적 배경

1. 식생지수와 온도와의 관계

위성영상 자료로부터 추출된 식생지수(Vegetation Indices)는 식생의 활력도와 상태를 규명하는 여러 변수들과 관계하고 있다. 녹지지역에서의 지수(Index)는 적색파장영역(Red reflectance)에서는 부(負)의 상관관계를 가지고, 근적외파장영역(Near-infrared reflectance)에서는 정(正)의 상관관계를 가진다. 특히, 위성영상에서의 식생지수는 표면온도와 역(逆)의 관계를 가지고 있음을 알 수 있는데, 이러한 관계는 다음의 몇

1) web site: <http://www.dainet.de/gtz/concepts/engl/forsone.htm>

2) '추이대'의 개념은 아직 완전하게 정립되지 않았으며 이를 가리키는 용어도 전이지대(ecotone, transition zone), 경관경계부(landscape boundaries)를 혼재하여 사용되고 있다. 우리 나라에도 ecotone을 표현할 때 점이대라는 용어와 추이대라는 용어를 혼재하여 사용하고 있다(박영임, 1996). 본 연구에서는 '추이대'라는 용어로 통일하여 표현하기로 하였다.

3) 본 자료의 연구지역이 africa이기 때문에 수치상에는 다소 차이가 있으나 상대적인 경향은 동일함.

가지 원인에서 유추될 수 있다¹¹⁾. 즉, 녹지의 biomass가 증가함에 따라 증발산(evapotranspiration)과 대량의 증산작용(transpiration), 그리고 잠열(latent heat)의 이동을 감소시킨다. 또, 영상에 있어서 열적 관성(熱的慣性: thermal inertia)은 온도-식생지수 관계에 영향을 주게 되는데, 이러한 열적관성을 통하여 온도변화 배개의 열역학적 반응을 측정할 수 있다.

Lambin et al(1996)¹¹⁾의 연구에 의하면, 온도와 식생지수와의 관계는 그림 1과 같이 요약할 수 있는데, 표면온도는 표면의 수분함량과 높은 관계가 있음을 보여주고 있다³⁾.

그림 1에서 보는바와 같이, 식생의 피복율이 증가함에 따라 지표면 온도는 몇 가지의 생물-물리적 원인으로 인해 내려가게 된다. 그러나, 낮은 토양수분으로 인해 식생의 임관(canopy)이 증발산을 억제함으로써 대기 중의 습도가 낮게되어 Point C와 같이 식생지수가 높음에도 불구하고 고온역을 형성할 수가 있다. 반면, 식생의 피복율이 낮지만 수분이 풍부할 경우, 임관의 증산작용이 왕성하여 대기의 수분증가로 인한 저온현상이 일어나는 지역도 있다(Point B). Point D의 경우

는 식생활력도가 높은지역으로서 높은 증발산으로 인한 공중습도가 유지된 결과, 저온역이 형성된 경우이다. A에서 C까지를 연결하는 구간은 낮은 증발산이 일어나는 지역(dry condition)이고, B에서 D까지의 구간은 잠재적으로 증발산이 일어나는 구간(wet condition)이다⁹⁾.

식물의 생육기간의 경우, 모든 영상의 셀값이 그림 1의 경우와 같이 네 개의 조건에 맞게 형성될 것이며, 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 열섬과 녹지지수와의 관계를 규명하였으나, 녹지피복정도와 열섬과의 관계를 분석대상으로 하였기 때문에, 독특한 파장특성을 가진 구름과 물의 경우는 분석대상에서 제외시켰다.

2 식생지수의 식생활력도 분석

원래 식생의 활력도를 나타내고 있는 NDVI는 -1에서 1사이의 값을 가지는데, 이 수치를 Nearest neighbor algorithm을 이용하여 NDVI 이미지를 8bit 값을 갖는 이미지로 변환하였다. 그 결과, 다음 식과 같이 resampling 되었다⁴⁾.

$$NDVI = 128 \times \frac{(TM4 - TM3)}{(TM4 + TM3)} + 1$$

3 Landsat TM band6 DN값으로부터의 온도변환-Thermal band의 DN(Digital Number)과 온도와의 관계

지표면에 있어서 흙, 물, 식생 등의 물체에 있어서의 표면온도는 거의 300°K(27°C)이고, 대부분이 파장 7nm~14nm 범위에 분포하며, 최대복사는 9.7nm에서 일어난다. 그런데, 이 영역은 대기의 창내에 있고, 열적외선이어서 윤안으로 볼 수 없으므로 이를 감지하기 위해서 열복사계나 열주사계를 사용하여¹²⁾, 열적외선을 감지할 수 있는

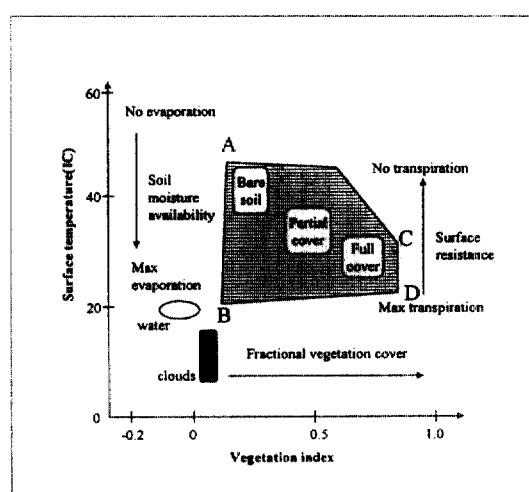


Fig. 1. The relationship between surface temperature and NDVI(adapted from Lambin et al. 1996)¹¹⁾

4) 김영권, 1999. 4. 14. '대구 연평균기온 갈수록 높아진다', 영남일보

열주사계의 일종인 TM의 band 6으로부터 지표면 온도를 구할 수 있다. Landsat TM band 6에서의 DN을 온도로 변환시키는 과정은 다음과 같이 약 4가지 모델이 있다⁵⁾.

ⓐ Two-point linear model

$$\text{온도}({}^{\circ}\text{K}) = 203.2 + 0.541176 \times \text{TM6}$$

ⓑ Linear regression model

$$\text{온도}({}^{\circ}\text{K}) = 219.97218 + 0.525959 \times \text{TM6}$$

ⓒ Quadratic regression model

$$\text{온도}({}^{\circ}\text{K}) = 209.830966 + 0.834313 \times \text{TM6} - 0.001372 \times \text{TM6}^2$$

ⓓ Cubic regression model

$$\text{온도}({}^{\circ}\text{K}) = 206.127 + 1.054 \times \text{TM6} - 0.003714 \times \text{TM6}^2 + 6.60655 \times 10^{-6} \times \text{TM6}^3$$

상기 식을 통하여 얻어지는 온도는 절대온도이기 때문에, 이를 섭씨온도로 환산하기 위해서 273.15를 감하였다⁵⁾.

$$\text{섭씨온도}({}^{\circ}\text{C}) = \text{절대온도}({}^{\circ}\text{K}) - 273.15$$

III. 연구방법

1. 대상지 선정 및 대상지 간 환경비교

본 연구는 여름고온현상과 겨울한랭현상이 특히 두드러지고, 기온 또한 계속적으로 상승을 거듭하고 있는⁴⁾ 대구광역시와 동일 위도상에 있으면서 도시관리 및 자연성의 보존이 적절히 유지되어 있고, 문화유적을 활용한 문화공간 창출을 모색하고 있는 경주시²⁾, 그리고 2차산업 중심의 도시이지만 해안지역과 인접해 있어 해안·해상 자연관광자원까지도 포함하고 있는 포항지역에 대해 녹지의 현황분석과 녹지의 열섬완화현상을 각 대상지의 추이대와 관련지어 검토하였다. 대

구시의 경우, 도심지 가장자리에 위치하면서 자연성이 우수하게 유지되고 있는 도시공원으로는 팔공산과 앞산을 들 수 있는데, 이들 지역과 인접하면서 환경적으로 가장 민감하게 인식되고 있는 경계지역을 중심으로 열섬현상을 파악하였다. 경주시의 경우, 도심의 북동쪽에 위치한 소금강산(小金剛山) 경계부분, 남쪽의 금오산(金鰲山) 경계부분, 서쪽의 옥녀봉(玉女峰) 일대를 대상으로 하였고, 포항시의 경우, 양백(兩白)평야, 망천(望泉)평야, 노직봉(露積峰) 일대, 옥녀봉 동(東)사면, 그리고 호동(虎洞) 쓰레기 매립장 일대 지역을 대상으로 하였다.

대구, 경주, 그리고 포항시는 그 발전과정과 관리에 있어 상당한 차이를 보이고 있다. 대구시의 경우, 일찍이 우리나라의 기간산업인 섬유를 중심으로 내륙공업지역을 형성하여 현재 국내 3대 도시로 성장하였다. 그러나 도심의 무분별한 성장으로 인해 현재 남아있는 도심의 녹지는 두류공원과 달성공원 뿐이며, 그나마 일정규모로 유지되어 있을 뿐. 소규모의 공원들을 제외하고는 거의가 개발되었다. 임야에 있어서도 전체 도시 면적의 50% 이상을 차지하고 있지만 녹지의 편중과 지형적 특성 때문에 한반도에 있어서 대표적인 여름고온지역의 하나로 꼽히고 있다. 반면 경주시의 경우, 도시전체가 국립공원으로 지정·관리되고 있으며, 제한적인 개발만 허용되고 있어, 논과 밭, 그리고 임야가 전체면적의 약 88%에 이르고 있어 녹지, 농지 및 초지가 상당부분 잘 유지되고 있음을 알 수 있었다. 포항시의 경우는 철산업이 일찌감치 자리잡아 중심지의 개발정도가 대구시의 3공단 지역과 성서공단을 능가하고

Table 1. Landuse of three cities, Daegu, Kyungju, and Pohang

Unit: km²

| Landuse City | Total | Farm | Paddy area | Orchard area | Forest lot | Building area | Industrial | Roads | Others |
|-----------------|---------|------|---------------|-----------------|---------------|------------------|------------|-------|--------|
| Daegu | 885.5 | 54.2 | 105.9 | 3.4 | 486.3 | 71.5 | 17.5 | 43.9 | 102.8 |
| Kyungju | 1,323.9 | 77.3 | 174.4 | 11.6 | 909.9 | 23.8 | 5.4 | 26.2 | 95.2 |
| Pohang | 1,126.6 | 65.7 | 117.4 | 6.2 | 803.8 | 24.3 | 17.2 | 20.5 | 71.5 |

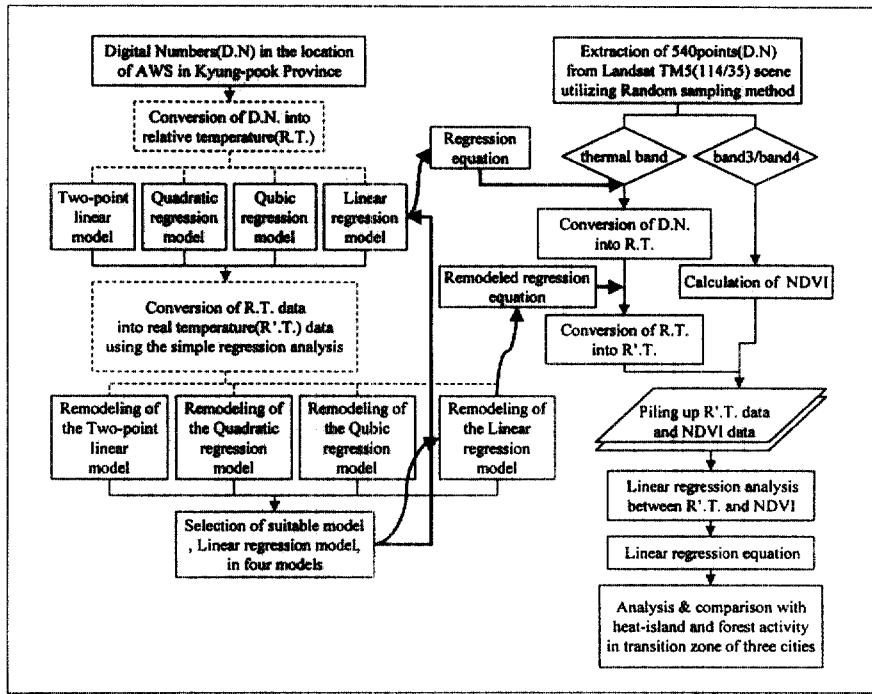


Fig. 2. Process of analysis and comparison with heat-island and forest-activity in the transition zone of three cities.

있으며, 공업지역의 규모 또한 대구보다 넓다. 또한, 녹지면적이 대구의 약 2배이면서 경주지역과 비슷한 수준의 녹지면적을 유지하고 있으면서 동 해에 접해있어 해류풍의 영향을 크게 받고 있는 특성이 있다.

2 자료분석

본 연구에서는 대상지인 대구 및 경주, 포항지역의 녹지지수와 열섬현상(Heat Island Effect)을 파악하기 위하여, 1997년 5월 17일 오전 10시에 얻어진 Landsat TM(114/35)자료를 사용하였다⁵⁾. 열섬현상을 분석하기 위한 선행(先行)과정으로서, 모집단인 TM band6의 DN(Digital Number) 중 영상촬영당시의 측정온도와 위치정보를 모두 알 수 있는 9개소의 대표적 자동온도측정지점에 대한 온도 및 위치정보, 그리고 DN값을 구한 후,

9개소에 대한 실측온도와 위성영상의 열밴드 (Thermal band)의 DN을 화귀분석하여, 대상지의 온도를 해석할 수 있는 화귀식으로 변경하였는데, 이와 같이 실제온도를 도출하는 과정에서는 기존에 상용되는 4가지의 모델, 즉 Two-point regression model, Linear regression model, Quadratic regression model, 그리고 Cubic regression model을 활용하여 각각의 상대온도를 계산하였고, 상대온도는 역시 실측된 온도와의 화귀분석을 통하여 전지역의 실제온도로 나타내었다. 추이대에서의 열섬현상과 녹지지수(NDVI)와의 관계규명을 위해서 4가지의 모델 중 설명력에 있어 Linear regression model(L.R.M.)을 통한 것이 가장 높게 나타났기 때문에 본 연구에서의 열섬현상 해석은 L.R.M.을 이용하여 실시하였다.

5) 한국환경정책·평가연구원(KEI) 제공.

6) B.J.L. Berry가 고안한 화률추출법의 일종

경상북도 3개 도시 내 추이대의 열섬현상을 비교평가하기 위하여, 각 도심에서 녹지에 이르는 구간에 대해 무작위 추출방식으로 각각 180지점 씩, 총 540지점을 선별하였고, 전술하였듯이 가장 설명력있는 LRM에서 해석된 회귀식을 통하여 열섬현상과 녹지지수와의 상관관계를 분석하였다. 임의추출은 먼저 난수표를 발행하여 그 결과를 도출하는 방법의 하나로서, 확률추출방법의 일종인 계통적 추출방법⁽⁶⁾을 따랐다. 난수표를 적용하기 전에 우선, 200m간격의 메쉬를 써워 여러 개의 동면적(等面積)을 가지는 방안으로 분할함으로써, 추출 점(點)단위가 각 방안에 동일한 수만큼 포함되도록 하였다. 그리고 각 방안의 경계가 되는 4개의 선 가운데 종횡의 2선을 좌표축으로 하고, 각 방안에 포함되는 추출 단위(점)에 좌표(x, y)를 부여하였다. 이때, 각 방안에 나타날 좌표의 x와 y 좌표값을 난수표에 의해 무작위로 결정하였는데, 이처럼 불규칙하게 분포된 표본을 추출함으로써, 모집단의 구성단위에 방향성이 존재할 경우, 동일한 특성을 갖는 단위가 집중적으로 추출될 위험성을 완화시켰다. 이 과정에서 온도저감효과를 유발하는 요소 중의 하나인 수자원과 구름의 경우, 녹지와는 별개로 인식할 수 있으며, 또한 열섬의 해석에 있어서도 달리 적용되어야 하기 때문에 본 연구의 추출대상에서 제외시켰다.

IV. 연구결과 및 고찰

1. 모델을 적용한 실제온도 해석

Landsat TM5 band6의 DN을 각 모델을 통하여 추출한 지표면 온도는 실제의 온도가 아니라 이론적인 것으로서, 지상관측소에서 직접 측정한 지상온도와는 상대적으로 차이가 있음을 실제 온도값과의 비교를 통하여 확인하였다. 때문에 이차적인 보정이 요구되는데, 이러한 상대적 온도

Table 2. The temperature data measured by AWSs in Kyungpook Province, and relative temperature data derived from them.

| Location of AWS | Measured Temp.(°C) | DN of band6 | Models | Relative Temp.(°C) |
|-----------------|--------------------|-------------|---|--|
| Seogu in Daegu | 20.5 | 149 | two* linear** quadratic*** cubic**** | 10.68284 25.19007 30.53383 29.42262 |
| Ha-yang | 19.5 | 138 | two linear quadratic cubic | 4.73008 19.40452 25.68779 25.06207 |
| Kyung-san | 20.3 | 147 | two linear quadratic cubic | 9.60052 24.13815 29.67743 28.64503 |
| Ga-san | 19.1 | 131 | two linear quadratic cubic | 0.94196 15.72281 22.43108 22.16717 |
| We-gwan | 18.6 | 125 | two linear quadratic cubic | -2.30500 12.56706 19.53259 19.59917 |
| Sin-ryung | 19.6 | 134 | two linear quadratic cubic | 2.56544 17.30069 23.84328 23.42046 |
| Hwa-buk | 19.2 | 135 | two linear quadratic cubic | 3.10660 17.82665 24.30852 23.83394 |
| Yung-chon | 19 | 133 | two linear quadratic cubic | 2.02428 16.77473 23.37529 23.00487 |
| Yung-deok | 18.7 | 136 | two linear quadratic cubic | 3.64776 18.3526 24.77102 24.24534 |

* Two-point linear model

** Linear regression model

*** Quadratic regression model

**** Cubic regression model

(At 9 A.M. in May 17, 1997)

와 측정온도 사이의 상관성을 파악하기 위해 지상관측지점의 지도좌표를 화상좌표로 변환하였고, 각 지점들의 지표면 온도를 추출하였는데, 각 AWS에서 얻어진 온도자료와 해당 위치로 확인된 Landsat TM5 band6의 DN값, 그리고 각 모델을 통해 얻어진 상대온도에 관한 내용은 표 2와 같았다.

위 표에서와 같이 AWS에서 얻어진 실측온도(y , Real Temp.)는 각 모델별로 구해진 상대온도(x , Relative Temp.)와의 회귀분석을 통하여 상대온도를 실제온도로 전환할 수 있는 또 다른 회귀식으로 해석하였다. 표 3은 표 2의 모델별 실제온도 도출을 위한 온도변환 회귀식으로서, 네가지의 모델을 적용한 온도변환공식에 있어서 모두 설명력(R^2)이 높게 나타났기 때문에 모든 식이 대상지의 온도해석에 적용될 수 있음을 알 수 있었다.

2. Linear regression model을 활용한 온도와 NDVI와의 상관성 분석

표3에서 알 수 있듯이, 각각의 모델을 통하여 계산된 상대온도를 실제온도로 변환한 회귀방정

Table 3. Regression equations between real temperature data and relative temperature data derived from each model.

| Models | Regression Equation | R^2 |
|----------------------------|-------------------------------------|--------|
| Two-point model | $y = 18.820968 + 0.146060 \times x$ | 0.8098 |
| Linear regression model | $y = 16.595705 + 0.150281 \times x$ | 0.8098 |
| Quadratic regression model | $y = 15.086925 + 0.172723 \times x$ | 0.8029 |
| Cubic regression model | $y = 14.672466 + 0.193472 \times x$ | 0.8043 |

y =Real Temp., x =Relative Temp. derived from each model

식들은 모두의 R^2 가 0.8이상이고, 유의수준 또한 0.05보다 훨씬 작아서 모형이 상당히 의미있는 것으로 나타났다. 그런데, 이 중에서도 유의수준이 0.0001이면서 상대온도와 실제온도의 차이 또한 크게 드러나지 않는 Linear regression model을 가장 신뢰성이 높다고 판단하고 이를 활용하여 온도와 식생지수 간의 관계를 규명하였다.

대구지역의 주이대에 있어 식생지수와 온도와의 회귀식을 살펴보면 식 1과 같았고, 상관관계표는 그림 3과 같았다.

$$Y = 21.921119 - 0.016134 * X \quad (Y: \text{실제 온도}, X: \text{식생지수}, R^2 = 0.8879) \dots \text{<식 1>}$$

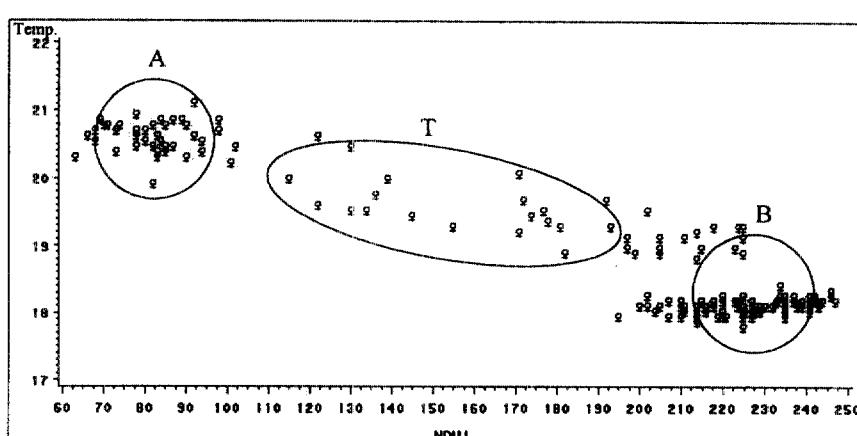


Fig. 3. The relationship between NDVI and temperature in Daegu city(note; A: High temperature zone, B: Low temperature zone, T: Transition zone)

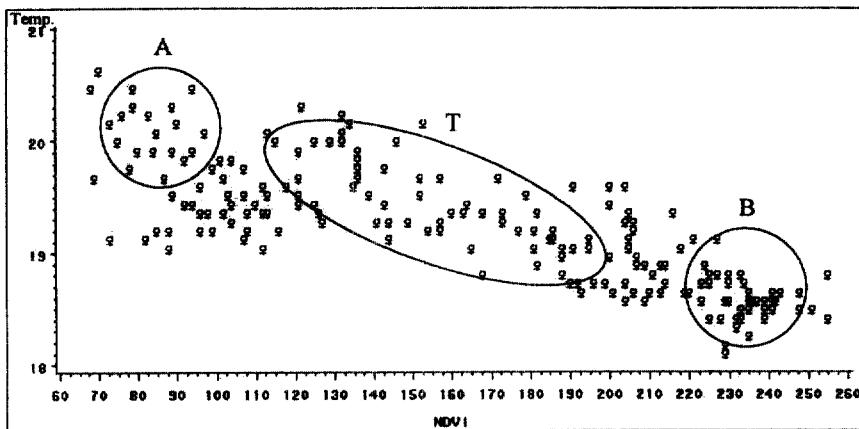


Fig. 4. The relation between NDVI and temperature in Kyungju city(note; A: High temperature zone, B: Low temperature zone, T: Transition zone).

대구시는 고온역(A)이 21°C에서 형성되고 있으며, 전형적인 대륙성기후로서 고온역(A)과 저온역(B)으로의 양극화현상이 뚜렷하고, 건조한 지형임을 알 수 있다. 즉, 전술한 그림 1에서도 알 수 있듯이, 식생지수가 낮으면서 증발산이 풍부한 지역이 거의 없고 나지(bare soil)에 해당하는 지역(고온역)으로만 집중되어 있으며, 추이대(T)는 산포되어 있으나 빈도가 적음을 그림 3을 통하여 알 수 있었다. 또한 그림 1에서 wet land인 「B-D」 구간에 해당하는 지역도 찾아보기 어려웠다.

경주지역의 추이대(T)에 있어 식생지수와 온도와의 회귀식을 살펴보면 식 2와 같고, 상관관계표는 그림 4와 같았다.

$$Y = 20.539282 - 0.007976 * X \quad (Y: \text{실제온도}, X: \text{식생지수}, R^2 = 0.6501) \dots \text{<식 2>}$$

경주지역 추이대의 특성은 고온역(A)이 20°C를 중심으로 형성은 인정되었으나 분산되었고, 추이대(T)는 그 빈도가 많고, 그 면적에 있어 타 도시보다 넓게 분포함을 그림 4와 그림 6의 B를 통하여 알 수 있었다. 이처럼 추이대(T)가 폭넓게 분포하는 것은 경주지역의 토지이용 특성상 국립공원으로 정해져 있어 환경 및 경관의 관리

가 양호하게 유지되어 있고, 농경지가 타도시에 비해 도시지역 내에 넓게 분포하고 있어⁷⁾, 이로 인해 적절한 습도가 유지되고 있기 때문으로 사료된다.

포항지역 추이대(T)의 식생지수와 온도와의 회귀식을 살펴보면 식 3과 같았고, 상관관계표는 그림 5와 같았다.

$$Y = 20.727901 - 0.007260 * X \quad (Y: \text{실제온도}, X: \text{식생지수}, R^2 = 0.3661) \dots \text{<식 3>}$$

포항시의 경우는 고온역(A)이 21°C에 형성되어 있었고, 저온역(B)은 19°C로 높게 분포되어 있었다. 추이대(T)에 있어서는 대구와 경주의 중간 정도의 분포빈도를 보이고 있었는데, 특히 포항에 있어서는 NDVI가 낮음에도 불구하고 저온현상을 보이는 이상기온지역(t)이 나타났다. 그 원인은, 포항의 도심부가 그림 6의 C에서 보는 바와 같이 해안지방에 균접해 있기 때문에 추이대 역시 해양성기후의 영향을 많이 받았고, 도심의 열섬 또한 해양성 기후로 인해 교란(擾亂)된 것으로 추정하였는데, 해수면에서 발생한 바람에 의해 다량의 수분이 도심으로 이동하여 증발의 극

7) 표 1 참조

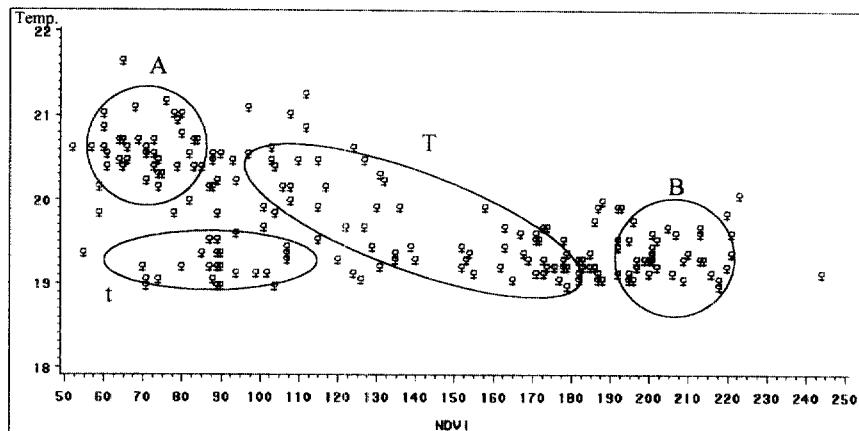


Fig. 5. The relation between NDVI and temperature in Pohang city(note; A: High temperature zone, B: Low temperature zone, T: Transition zone, t: Abnormal temperature zone).

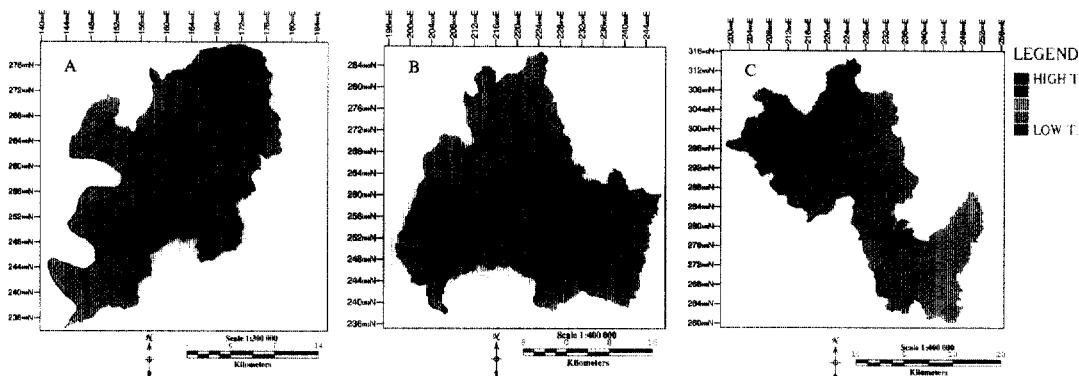


Fig. 6. Heat-island distribution map in Daegu(A), Kyungju(B), and Pohang(C).

대화(Max evaporation)현상이 나타날 수 있고, 이로 인한 공중습도의 증가는 온도를 저감시키는 효과를 초래할 수 있는 것으로 사료된다. 식 3의 R^2 값이 0.3661로 낮게 나타난 것으로도, 포항 지역의 열섬현상에 삭생지수 외의 다른 인자가 관여하고 있음을 추측할 수 있었는데, 표준화잔차(Studentized residual)값이 2 이상의 값을 가지는 이상치(outlier)를 파악하기 위하여 잔차분석을 통한 결과, 총 12개의 이상치가 있음을 확인하였다.

V. 결론 및 제언

대구·경주·포항 지역 내 추이대의 농지지수와 열섬현상을 살펴본 결과, 지역에 따라 열섬현상이 차이가 있음이 파악되었다.

대표적으로 대륙성기후를 나타내는 대구의 경우, 도시자연공원인 앞산과 팔공산 경계부를 대상으로 파악된 열섬현상의 변화에서, 기온의 양극화현상이 뚜렷하게 나타났고, 그 분포에 있어서도 고온역과 저온역이 명확하게 구분되고 있었

으며, 주연부, 즉 추이대의 특성을 가지는 부분은 극히 일부인데, 이는 대구시의 과다한 개발로 인해 개발지역과 규제지역의 양분화현상이 극단적임을 알 수 있었다. 반면 경주의 경우는 도시전체의 특성상 고온역이 대구지역보다 1°C 낮은 지역에서 형성되어 있었으며, 녹지지수가 낮음에도 불구하고 지나친 열섬현상이 나타나지 않았다. 대구의 추이대가 좀처럼 나타나면서 불명확한 반면, 경주의 추이대는 넓고 뚜렷하게 나타났다. 포항의 경우는 대구와 경주지역의 추이대와 상당히다른 특성을 보였다. 그 원인으로 도심주변의 추이대가 동해 균처에 있어, 녹지에 상당한 영향을 받고 있는 대구와 경주의 열섬현상과는 달리 다른 기상요인이 크게 차이를 두고 있다고 판단하였는데, 해수면과 지면의 온도차이에 의한 대기순환의 가속화가 열섬현상을 교란시킨 것도 하나의 원인이라고 사료된다.

열섬현상의 파악을 위한 선행작업으로서, AWS에서의 온도와 해당좌표의 위성영상 열랜드의 DN을 회귀분석함에 있어, 단 9개의 값으로 전체모집단의 온도를 해석한다는 것은 상당히 무리가 있다. 그러나, 지나간 자료에 대한 해석을 할 경우, 정확한 위치를 알고 있으면서 그 위치에 대하여 측정한 온도자료까지 확보하기에는 한계가 있지만, 원격탐사기술을 적용하면 환경 영향 평가를 보다 효율적으로 수행할 수 있는 기초 자료로써 그 가치가 있다고 생각된다.

인용문헌

1. 남영우, 1992, 계통통계학, 법문사
2. 대아종합기술공사, 1997, 2016년 대구도시기본계획, 대구광역시, 3-25
3. 박영임, 1996, 인공위성영상자료를 이용한 북한산국립공원 전이지대 식생 분석, 서울대 환경대학원 논문: 1-19
4. 박종화 외, 1996, TM영상추출 NDVI를 이용한 수도권 그린벨트의 평가, 대한원격탐사학회, 12(3): 245-256
5. 양영규 외, 1990, 원격탐사 관련기술 실용화 연구(Ⅱ)-위성영상 및 항공기 탑재 리모트센싱 자료 분석을 위한 마이크로컴퓨터 영상처리 시스템 개발 연구(Ⅱ), 과학기술처, 110-119
6. 이종구, 1993, SAS의 이해와 활용, 성예사, 357-376
7. 임업연구원, 1992, 산림의 공익적 기능의 계량화 연구(Ⅱ)』 과학기술처 특정연구 개발사업 보고서
8. 조인호, 1998, SAS연습과 활용, 성안당, 509
9. Goward, S. N. & Hope, A. S., 1989, *Evaporation from combined reflected solar and emitted terrestrial radiation: Preliminary FIFE results from AVHRR data*, Advances in Space Research, 9: 239-249
10. Krimmins, J. P., 1987, Forest ecology, The university of British Columbia, 339-383
11. Lambin, E. F. & Ehrlich, D., 1996, *The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis*, Int. J. Remote sensing, 17(3): 463-487
12. Lillesnd, T.M & Kiefer, R. W., 1987, *Remote Sensing and Image Interpretation*, New York: John Wiley & Sons, 17