

도시내 용도지역의 토지피복형태가 열섬현상에 미치는 영향

조성모 · 윤용한 · 류을렬* · 박봉주** · 김원태

건국대학교 산림과학과, *충북개발연구원, **건국대학교 자연과학연구소
(2008년 6월 3일 접수; 2008년 9월 8일 수정; 2008년 12월 8일 채택)

The Influence of Land Cover and Zoning on the Urban Heat Island in Cheongju

Sung-Moh Cho, Yong-Han Yoon, Eul-Ryul Ryu*,
Bong-Ju Park** and Won-Tae Kim

Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

**Chungbuk Research Institute, Cheongju 360-756, Korea*

***Research Institute of Natural Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea*

(Manuscript received 3 June, 2008; revised 8 September, 2008; accepted 8 December, 2008)

Abstract

The present study observed temperature in order to identify factors affecting temperature by zoning and to measure the intensity of their impact on temperature. The empirical results of analyzing observed data are as follows. In order to make up for multicollinearity, a problem in multiple regression analysis, and to give more specific explanations, this study conducted factor analysis and obtained desirable data with adequacy and statistical significance. In the correlation matrix, factors decreasing temperature were planted areas, water surfaces and grasslands, and those increasing temperature were bare grounds, paved areas, and building area. According to land cover patterns, commercial areas had the highest temperature lowering effect. Through the rotated component matrix, we found that factors are grouped into those decreasing temperature, those increasing temperature, and those with low significance in increasing or decreasing temperature. In order to solve the problem of multicollinearity in multiple regression analysis, we performed factor analysis between the land use patterns and temperature and confirmed the usability of factor analysis as a new analysis method in urban heat island.

Key Words : Urban heat island, Air temperature, Land cover patterns, Multicollinearity, Factor analysis

1. 서 론

도시의 발전과정을 보면 인공구조물의 공급이나 배치 위주로 발전하여 왔기 때문에 도시민의 질적 향상보다는 물량 위주의 도시계획이 주류를 이루어

왔다. 그러므로 도시발전은 도시가 점차 복잡해지고 기능이 다양해짐에 따라 순기능보다는 역기능을 유발하는 한계점을 노출시켜 왔다¹⁾. 특히 도심은 열섬현상(고온건조)을 초래하여 생활환경뿐만 아니라 자연환경도 악화시켜 왔으며^{2,3)} 도시의 기온상승은 특정 공간에서 이루어지는 고층 고밀도의 인간활동에 수반된 결과로, 인공구조물은 주간에는 기온을 상승시켜 고온역을 확대하지만, 보다 더 큰 문제는

Corresponding Author : Yong-Han Yoon, Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea
Phone: +82-43-840-3538
E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr

열대야 일수를 증가시킨다는 것이다⁴⁾. 그러나 그 속에 존재하는 녹지대, 하천은 냉섬(Cool island)을 형성해 기온을 저감시키며, 이러한 기온저감요소를 띠 형태로 연결 배치하면 기온저감효과에 매우 효과적인 것으로 알려져 있다⁵⁾. 또한 녹지대는 주간에는 기온저감효과로 도시의 견폐지, 아스팔트보다 낮은 기온을, 야간에는 열손실 속도를 늦춰 1일 기온차이를 줄이는 효과가 있다⁶⁻⁸⁾.

악화된 도시의 기온을 완화시키는 방법에는 다양한 접근이 가능하지만 도시민의 생활에 의해 발생하는 인공열의 억제와 녹지대에 의한 일사차폐 및 증발산작용을 이용하는 것은 매우 합리적이고도 현실적인 방법이라 할 수 있을 것이다^{9,10)}. 최근 들어 도시기온에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으나, 중소도시를 대상으로 하여 용도지역별 일정면적내의 토지피복형태와 기온과의 관련성을 요인분석을 이용해 해석한 사례는 거의 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 청주시 시가지를 대상으로 기온을 관측하여 이를 토대로 토지피복형태와 기온과의 관련성 등을 요인분석에 의해 해석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사대상지

청주시를 대상으로 하여 용도지역별(상업지역, 공업지역, 주거지역) 기온을 관측하였다. 상업지역은 충북도청 등 청주시가지가 위치한 상당구, 공업지역은 청주시내 청주산업단지 주변, 주거지역의 경우 주택 및 아파트 등이 밀집한 용암동 과 그 일대를 선정하였다. 관측기간은 일년 중 가장 무더운 계절인 여름철, 장마기간이 지난 후인 2006년 8월 3일부터 6일까지로 하였다. Table 1은 관측해석일의

기상조건을 나타낸 것이다.

2.2. 관측방법

정점관측은 상업지역, 공업지역, 주거지역에 자동기상관측기를 설치하여 기온, 풍향풍속, 일사량 및 운량을 관측하였다. 자기온습도계를 용도지역별로 각 2대씩 지상고 1.5 m에 설치하여 관측하였다. 또한 최고최저온도계를 용도지역별로 약 25개를 지상고 1.5 m에 설치하였다. 최고최저온도계는 알루미늄 호일을 이용한 방사차폐우산을 설치하여 직사일광을 차폐하였다. 연구의 관측코스과 각 정점 및 이동관측점은 Fig. 1과 같다.

이동관측은 디지털온습도계를 사용하였으며, 감지기는 복사차폐용에 알루미늄 호일을 덮은 통속에 넣어 이것을 탑재한 자동차에 의한 이동관측(1일 2회, 4시와 14시 전후)을 지상고 1.5 m에서 실시하였다. 수집된 데이터 가운데 맑은 날 주간 풍속은 3 m/s 전후, 일사량은 3 MJ/m² 전후를, 야간 풍속은 1 m/s 전후인 날을 선택하여 해석하였다. 이때 연구목적에 부합되지 않는 날은 제외시켰다.

2.3. 해석방법

2.3.1. 다중회귀분석의 문제점과 공선성 진단
다중회귀분석시 기본적인 가정이 무시되어 심각한 문제점을 발생시킬 수 있는 것이 다중공선성의 존재 여부이다. 독립변수들 간의 상관관계(보통 상관계수 R값 0.7 이상)가 매우 높을 때 이들을 다중회귀식에 사용하면 발생할 수 있으며, 그 결과 추정된 계수는 통계적 의미가 약하다¹¹⁾.

이러한 다중공선성의 해결방법은 독립변인들 간의 상관관계가 높은 것으로 드러나면 그 변인들을 요인분석을 통해 공통적인 요인으로 파악하는 방법

Table 1. Weather of observation day

Observation day	Temperature	Wind direction	Wind velocity (m/s)	Irradiation (MJ/m ²)	Amount of cloud (1~10)
2006. 8. 3	Maximum temperature	NNW	3.3	3.32	2.3
2006. 8. 4		NE	3.4	3.54	1.9
2006. 8. 6		WNW	2.5	3.27	2.3
2006. 8. 3	Minimum temperature	WNW	0.8	-	-
2006. 8. 4		NNW	0.3	-	-
2006. 8. 6		SSE	0.8	-	-

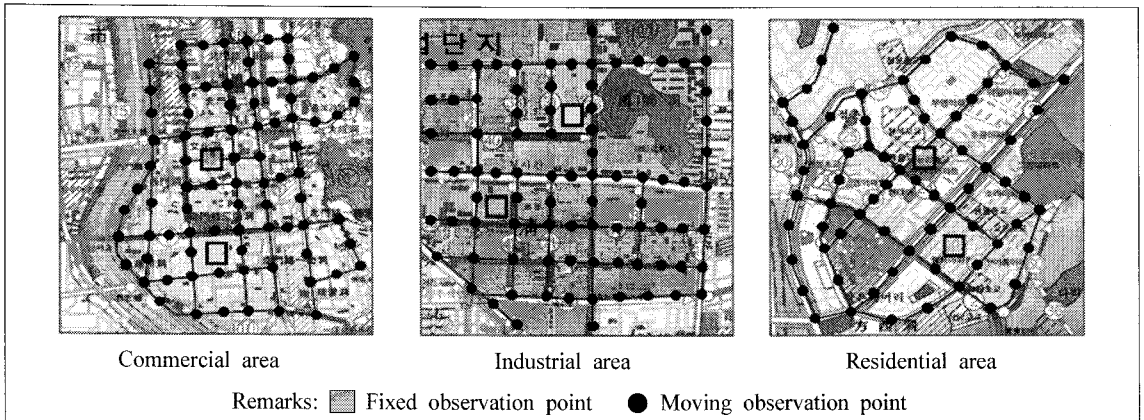


Fig. 1. Point and course of observation.

이 있다. 이는 높은 상관관계를 보이는 변인들을 하나의 요인으로 묶어 대표적인 영향력을 분석하는 방법이다. 요인분석은 실제로 존재하는 어떤 특정 자연현상에 관한 연구를 수행할 때 일련의 관측된 변수들을 근거로 직접 관측할 수 없는 개념을 확인하기 위한 것이다. 즉, 여러 변수들을 몇 개의 개념 또는 요인으로 묶어줌으로써 변수들의 내용을 단순화할 수 있다¹²⁾. 본 연구에서는 토지피복형태별 공선성진단과 KMO와 Bartlett의 검정을 통해 다중회귀분석의 문제점을 지적하고 요인분석을 실시함에 있어 데이터의 적절성을 평가하였다.

2.3.2. 토지피복형태별 기온간의 상관행렬

상관행렬은 요인분석에 이용된 변수와 변수들 간의 상관관계의 계수와 그 계수의 유의성을 파악하는 것이다. 또한 관측점을 중심으로 직경 50 m 범위 내의 토지피복형태와 기온간의 상관행렬을 통해 식재지, 초지, 수면, 나지, 포장지, 건폐지의 변수가 어떤 상관관계를 갖고 그 상관관계의 유의성을 수치로 나타내어 비교, 검토하였다.

2.3.3. 토지피복형태별 기온간의 회전된 성분행렬

상관행렬을 보면 변수들 간의 상관관계를 알 수 있으나, 어떤 변수들이 어떤 요인에 의해 높게 관계되는지가 명확하지 않다. 따라서 추출된 요인을 회전하여 어떤 변수가 어떤 요인에 의해 높게 나타나는지를 알 수 있는 것이 회전된 성분행렬이다¹²⁾. 또한 관측점을 중심으로 직경 50 m 범위내의 토지피

복형태와 기온간의 회전된 성분행렬을 통해 요인구조를 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 다중회귀분석의 문제점과 공선성 진단

다중회귀분석시 유의사항으로 다중공선성에 대해 언급하였는데 만약 독립변수들 사이에 상관성이 높으면 두 독립변수 중 하나를 선택하여 다중회귀분석을 실시해야 하며 두 변수 모두 다중회귀분석에 사용할 수 없다¹²⁾. 일반적으로 허용오차, 즉 공차한계가 0.3보다 작으면 다중공선성의 문제가 제기된다. 허용오차가 0.3 이하이면 독립변수 사이의 상관성을 의심할 수 있다¹²⁾.

Table 2는 상업지역, 공업지역, 주거지역의 다중회귀분석시 다중공선성의 분석결과를 나타낸 것이다. 공업지역과 주거지역의 공차한계는 모두 0.3 이상으로 다중회귀분석의 독립변수 사이의 상관성은 문제가 되지 않으나, 상업지역의 공차한계는 식재지와 포장지의 공차한계가 각각 0.147과 0.133으로 독립변수 사이의 상관성을 의심할 수 있다. 여기서 사용한 변수는 각 대상지에서 이동측정한 기온의 데이터로 요인분석에 사용된 변수는 다중회귀분석과 비교하기 위하여 모두 동일한 데이터를 사용하였다.

위에서 설명한 다중회귀분석의 단점을 보완하고 보다 체계적으로 설명하기 위해 용도지역별 관측점을 중심으로 직경 50 m 범위내의 식재지, 초지, 수

Table 2. Collinearity by land cover patterns

Zoning	Land cover patterns	Collinearity	
		Tolerance limit	VIF
Commercial area	Planted area	0.147	6.795
	Grassland	0.538	1.860
	Water	0.864	1.157
	Bare ground	0.906	1.104
	Paved area	0.133	7.532
	Building area	0.423	2.364
Industrial area	Planted area	0.777	1.287
	Grassland	0.670	1.491
	Bare ground	0.871	1.148
	Paved area	0.828	1.207
	Building area	0.878	1.139
Residential area	Planted area	0.571	1.752
	Grassland	0.810	1.235
	Water	0.735	1.360
	Bare ground	0.876	1.141
	Paved area	0.532	1.881
	Building area	0.484	2.066

면, 나지, 포장지, 건폐지와 기온간의 관계를 요인분석을 통하여 비교·설명하였다. 8월 4일의 요인 적재치는 0.5 이상으로 매우 높은 유의성을 가지고 있었으며, 표본수를 60개로 하여 요인항목의 안전성을 두었다. 요인추출방법은 주성분추출방법을 사용하였으며, 요인회전방법은 적교회전(Varimax)법을 사용하였다. 변수추출은 불필요한 변수를 제거하여 여러개의 관련있는 변수들을 요인으로 묶고, 각각의 상호 독립적인 변수들의 특성을 파악하였다. 따라서 요인분석을 통해 보다 체계적으로 용도지역 토지이용형태와 기온간의 공통성을 파악하고 각 요인의 부하량을 찾아내어 중회귀분석 결과의 문제점 등을 설명하면서 중회귀분석과 요인분석을 비교하였다.

먼저 변수들 간의 상호 관련성을 설명하는 것은 KMO값으로 나타냈는데, 상업지역은 KMO값이 0.8 이상으로 변수선정이 바르게 되었음을 알 수 있다. Bartlett의 구형성 검정치가 231.38이고, 유의확률이 0.000인 것을 통해 요인분석 모형의 적합성 여부를 확인하였다. 따라서 토지피복형태와 기온과의 요인

분석결과 데이터의 적절성은 바람직한 것으로 판단된다. Table 3을 살펴보면 KMO값이 공업지역은 0.654, 주거지역은 0.721로 0.6 이상으로 보통(0.5~0.6) 이상이고, Bartlett의 구형성 검정 중 유의확률이 1% 이내에서 유의상관이 인정된 결과로 보아 요인분석의 통계적 의미를 갖는다.

3.2. 토지피복형태별 기온간의 상관행렬

Table 4는 용도지역별 토지피복형태와 기온간의 상관행렬로 식재지, 초지, 수면, 나지, 포장지, 건폐지와 기온간의 수치는 상관계수를 나타낸 것으로 기온 행을 기준으로 기온과 각 변수들과의 관계를 보면 식재지, 초지, 수면은 부(負)의 상관관계를 나타내고 있어 기온을 저감시키는 반면에 건폐지, 포장지, 나지는 정(正)의 상관관계를 나타내고 있어 기온을 상승시킨다는 것을 알 수 있다. 기온을 저감시키는 변수 중 식재지의 상관계수는 -0.886으로 기온저감에 가장 큰 영향을 미치고 있으며, 기온을 상승시키는 변수 중 포장지의 상관계수가 0.843으로 기온상승에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타

Table 3. KMO and Bartlett's test by land cover patterns

Commercial area	Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy	0.809
	Approx. chi-square	231.384
	df	21
	Sig.	0.000
Industrial area	Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy	0.654
	Approx. chi-square	71.961
	df	15
	Sig.	0.000
Residential area	Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy	0.721
	Approx. chi-square	114.585
	df	21
	Sig.	0.000

Table 4. Correlation matrix by land cover patterns

Zoning	Land cover patterns	Planted area	Grassland	Bare ground	Paved area	Water	Building area
Commercial area	Grassland	0.536**					
	Bare ground	-0.096	-0.216				
	Paved area	-0.905**	-0.635**	0.057			
	Water	0.230	0.153	-0.025	-0.322		
	Building area	-0.746**	-0.479**	-0.003	0.712**	-0.213	
	Air temperature	-0.886**	-0.563**	0.232	0.843**	-0.247	0.692**
Industrial area	Grassland	0.402*					
	Bare ground	0.063	-0.253				
	Paved area	-0.252	-0.344*	-0.096			
	Building	-0.283	-0.264	-0.036	0.219		
	Air temperature	-0.660**	-0.501**	0.066	0.478**	-	0.454**
Residential area	Grassland	0.418**					
	Bare ground	-0.178	-0.153				
	Paved area	-0.399*	-0.234	0.019			
	Water	0.450**	0.201	-0.324	-0.188		
	Building area	-0.490**	-0.213	0.121	0.671**	-0.260	
	Air temperature	-0.603**	-0.551**	0.204	0.508**	-0.572**	0.450**

*p<.05, **p<.01

났다. 나지의 상관계수를 보면 0.232로 다른 인자에 비해 낮은 상관관계를 가지고 있으며, 유의수준 역시 5% 미만에 들지 못하여 유의성이 인정되지 않았다.

상업지역과 주거지역에서 식재지, 초지, 수면은 기온을 저감시키고, 건폐지, 포장지는 기온을 상승시키는 것으로 나타났다. 상업지역은 다른 지역보다 인구밀도뿐만 아니라 교통량이 많은데도 불구하고

식재지와 초지가 높은 기온저감효과를 나타내고 있는데 이는 녹지가 풍부한 교외보다 하드스케이프(Hardscape)가 우점하는 도심에서 어느 수준 이상 식재할 때 기온저감효과가 현저할 수 있다는 이론과 일치함을 알 수 있다¹³⁾.

상업지역은 식재지, 초지, 수면의 순으로, 공업지역은 식재지, 초지의 순으로, 주거지역은 식재지, 수면, 초지의 순으로 기온저감효과가 크게 나타났다.

공업지역의 경우, 수면이 거의 없어 분석과정에서 수면은 제외시켰다. 식재지는 초지보다 기온저감효과가 큰 것으로 나타났는데, 이는 일사의 차폐효과가 적은 초지의 토양면은 건조 상태로 변해 증발산량이 식재지보다 적어지기 때문인 것으로 추측되어진다¹⁴⁾. 또한, 일사차폐효과와 증산능력이 많은 식재지는 증산량의 변동이 적기 때문에 초지보다 낮은 기온인 것으로 사료된다.

상업지역의 설명된 총분산을 살펴보면 고유값이 1 이상인 성분이 두개로 토지피복형태와 기온간의 요인분석은 크게 두가지 특성을 나타낸다. 1성분의 고유값은 전체 7성분 중 3.952를 차지하면서 강한 응집성을 보이고 있다. 상업지역과 주거지역은 고유값이 1 이상인 성분이 두개로 두가지 요인으로 모이고 특히, 1성분이 강한 응집성을 가지고 있는 것으로 나타났다(Table 5).

3.3. 토지피복형태별 기온간의 회전된 성분행렬
상업지역의 회전된 성분행렬을 살펴보면 어떤 변

Table 5. Total variance explained by land cover patterns

Zoning	Component	Initial eigenvalues		
		Total	% of Variance	Cumulative %
Commercial area	1	3.952	56.456	56.456
	2	1.056	15.085	71.541
	3	0.907	12.951	84.492
	4	0.546	7.795	92.286
	5	0.340	4.851	97.137
	6	0.130	1.855	98.992
	7	0.071	1.008	100.000
Industrial area	1	2.592	43.197	43.197
	2	1.143	19.045	62.242
	3	0.797	13.276	75.518
	4	0.730	12.171	87.689
	5	0.489	8.146	95.835
	6	0.250	4.165	100.000
Residential area	1	3.193	45.620	45.620
	2	1.195	17.076	62.696
	3	0.882	12.606	75.302
	4	0.706	10.087	85.388
	5	0.478	6.830	92.218
	6	0.317	4.529	96.747
	7	0.228	3.252	100.000

수가 구체적으로 어느 인자에 속하는지 알 수 있는데, 1성분에서는 포장지와 건폐지가 속해 있고, 식재지와 초지가 속해 있는 변수와 강한 반대성향을 나타내고 있다. 2성분에서는 나지만이 강한 성향으로 묶여 있다. 이는 열전도율이 높아 기온을 상승시키는 포장지와 건폐지가 하나의 요인으로 묶여 있는 것을 알 수 있다. 또한 유일하게 유의수준 5% 미만에 들지 못하는 나지가 또 다른 하나의 요인으로 묶여 있다(Table 6).

공업지역의 회전된 성분행렬을 보면 상업지역과 마찬가지로 1성분은 기온을 상승시키는 요인인 포장지와 건폐지가 묶여 있고, 1성분의 식재지와 초지는 포장지 및 건폐지와 반대 성향을 나타내고 있으며, 2성분은 유의수준이 떨어지는 경향이 적은 나지가 하나의 요인으로 묶여 있다.

주거지역의 1성분은 포장지와 건폐지가 기온을 상승시키는 요인으로 묶여 있지만 다른 지역과는 달리 2성분은 식재지, 초지와 수면이 기온을 저감시키는 요인으로 묶여있다. 이는 요인분석의 문제점이라 지적할 수 있는데 상관행렬을 기초로 계산되고, 부호에 관계없이 상관계수 절대치의 크기에 의해서 결정되기 때문에 해석상의 어려움으로 지적된

Table 6. Rotated component matrix by land cover patterns

Zoning	Land cover patterns	Component	
		1	2
Commercial area	Planted area	-0.937	-0.067
	Grassland	-0.669	-0.344
	Water	-0.381	0.173
	Bare ground	0.031	0.956
	Paved area	0.949	0.037
	Building area	0.841	-0.070
Industrial area	Planted area	-0.758	-0.028
	Grassland	-0.617	-0.533
	Water	-0.121	0.939
	Paved area	0.649	-0.096
	Building area	0.610	-0.044
	Planted area	-0.603	0.509
Residential area	Grassland	-0.367	0.487
	Water	-0.210	0.753
	Bare ground	-0.162	-0.726
	Paved area	0.878	0.011
	Building area	0.834	-0.094

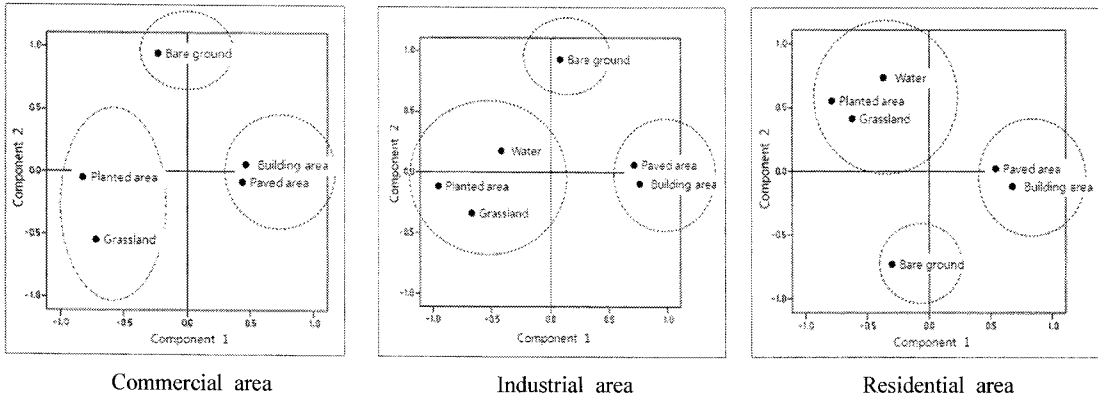


Fig. 2. Component plot in rotated space by zoning.

다. 문제점은 상업지역, 공업지역, 주거지역 모두 포장지, 건폐지는 기온을 상승시키고, 식재지, 초지, 수면은 기온을 저감시키지만 요인으로 묶이는 것은 일관되게 잡아내지 못하고 있다는 것이다.

Fig. 2는 용도지역별 회전공간의 성분도표를 나타낸 것이다. 상업지역은 인자들이 2가지 요인으로 표현되었는데 포장지와 건폐지는 기온을 상승시키는 요인으로 X축의 플러스로 나타나 있고, 식재지, 초지와 수면은 기온을 저감시키는 요인으로 X축의 마이너스로 나타나 있다. 특히 그들이 있어 입사량을 줄이는 식재지가 초지와 수면보다 현저히 큰 것을 알 수 있다. 나지는 유의수준 5% 이상으로 Y축의 플러스로 유일하게 떨어져 있는 모습을 볼 수 있다.

공업지역은 식재지, 초지는 기온을 저감시키는 요인으로 X축의 마이너스로 포장지, 건폐지는 기온을 상승시키는 요인으로 X축의 플러스로 나타나 있으며 나지는 홀로 떨어져 대체적으로 상업지역과 비슷한 경향을 보이고 있다. 주거지역은 1성분은 포장지와 건폐지가 기온을 상승시키는 요인으로 묶여 있지만 다른 지역과는 달리 2성분은 식재지, 초지와 수면이 기온을 저감시키는 요인으로 묶여 있다. 또한, 상관행렬에서는 수면이 초지보다 큰 경향을 나타냈는데, 공업지역은 기온을 저감시키는 영향은 초지에 비해 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 수면이 차지하는 면적이 적어 실제로 기온저감에 미치는 영향은 초지에 비해 떨어진다고 판단된다.

지금까지 다중회귀분석시 나타나는 다중공선성

의 문제점을 해결하기 위해 요인분석을 실시하였다. 그 결과 변수들을 기온의 상승요인과 저감요인으로 축소하고, 불필요한 변수를 제거할 수 있었으며, 회전된 성분행렬에서는 변수들의 특성을 구체적으로 파악할 수 있었다. 이는 요인분석이 다중회귀분석과 같이 수치로서는 예측이 불가능하지만 새로운 분석방법으로 요인분석의 활용가능성이 인정된 것이라 할 수 있겠다.

4. 결 론

본 연구는 기온에 미치는 요인과 그 강도를 밝히기 위해 기온을 관측하였으며, 관측된 데이터를 바탕으로 해석한 실증결과는 다음과 같다. 다중회귀분석의 문제점인 다중공선성을 보완하고 구체적으로 설명하기 위해 요인분석을 실시한 결과, 데이터의 적절성 및 통계적 유의성에서 통계적 의미를 갖는 바람직한 데이터를 얻을 수 있었다. 상관행렬을 통해 식재지와 수면, 초지는 기온을 저감시키고 나지, 포장지, 건폐지는 기온을 상승시키는 것으로 파악되었다. 또한 기온을 저감시키는 요소 중에서도 식재지가 초지보다 기온저감효과가 큰 것으로 나타났으며, 토지피복형태별 기온저감효과는 상업지역, 공업지역, 주거지역의 순으로 크게 나타났다. 회전된 성분행렬을 통해 기온을 저감시키는 요인과 기온을 상승시키는 요인, 기온의 상승 및 저감에 유의성이 떨어지는 요인으로 각각 묶이는 것이 확인되었다. 다중회귀분석시 나타나는 다중공선성의 문제

점을 해결하기 위해 토지피복형태와 기온간의 요인 분석을 실시한 결과, 새로운 분석방법으로 요인분석의 활용 가능성이 인정되었다.

참고 문헌

- 1) 김상진, 2005, 전주시 열섬현상에 대한 원인분석 및 저감대책 수립, 전북지역환경기술개발센터.
- 2) Landsberg H. E., 1981, Urban climate, Academic Press, 275pp.
- 3) Yoshino M., 1981, Change of air temperature distribution due to on urbanization in Tokyo and its surrounding regions, Sci. Rept. Geoscience. Univ. Tsukuba Sect. A, 45-60.
- 4) Grey G. W., Deneke F. J., 1986, Urban forestry(2nd ed), John Wiley & Sons Inc., 320pp.
- 5) Honjo T., Takakura T., 1991, Simulation of thermal effects of urban green ares on their surrounding areas, Energy and Buildings, 15-16, 443-446.
- 6) 本條殷, 高倉直, 1984, 綠地が都市内熱環境におよぼす影響(1) 實測に依る收支の解析, 農業氣象, 40(3), 257-261.
- 7) 浜田崇, 三上岳彦, 1994, 都市内綠地のCool island 現象-明治神宮・Yoyogi公園を事例に-, 地理學論評, 67A(8), 518-529.
- 8) 윤용한, 1999, 녹지에 의한 기상환경개선 효과에 관한 실증적 연구, 건국자연과학연구지, 10(2), 191-200.
- 9) 設樂寛, 1971, 都市砂漠, 地理, 16(8), 10.
- 10) 윤용한, 2004, 녹지의 토지피복현황과 식재층위구조가 미기상조절효과에 미치는 영향, 한국산림휴양학회지, 8(1), 25-33.
- 11) 김호정, 2004, 한글 SPSSwin 10.0 통계분석 및 해설, 삼영사, 530pp.
- 12) 허만형, 2001, 통계분석론:SPSS 10.0 for windows, 법문사, 728pp.
- 13) 조현길, 안태원, 2006, 도시수목식재와 미기후 개선의 상관성 구명, 한국조경학회지, 34(5), 70-75.
- 14) 近藤三雄, 間仁田和行, 横山容三, 小澤知雄, 1983, 樹木, 芝生の微氣象調節効果に關する實証的研究, 造園雜誌, 46(3), 161-175.