



## 토지이용 및 토지피복과 국지온도 간 관계 분석: 미시공간에서의 통합모델 구축을 중심으로

*Analyzing Relationship between the Local Temperature, Land Usage and Land Coverage:  
Focused on the Integrated Model in the Microspace*

박유나\* · 이건원\*\* · 정윤남\*\*\* · 김세용\*\*\*\*

Park, Yuna\* · Lee, Gunwon\*\* · Jeong, Yunnam\*\*\* · Kim, Seiyong\*\*\*\*

\* Master Course, Dept. of Architecture, Korea Univ., South Korea (yuna0741@gmail.com)

\*\* Assistant Professor, Division of Architecture, Mokwon Univ., South Korea (gwlee@mokwon.ac.kr)

\*\*\* Visiting Professor, Dept. of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico di Milano, Italy (jyn0981@gmail.com)

\*\*\*\* Corresponding author, Dept. Professor, Department of Architecture Korea Univ., South Korea (kksy@Korea.ac.kr)

본 논문은 박유나, 이건원, 김세용의 2013년 한국도시설계학회 추계학술대회 발표논문을 바탕으로 하고 있습니다.

### ABSTRACT

In order for effective heat island reduction policies to be proposed, this research made use of the land usage and land coverage and Temperature of cities, Coordinate axis data within 500 meters of nationwide automatic weather stations (478 points) in order to analyze the correlation of summertime temperatures through multiple regression analysis. This research also developed a model and empirically analyzed the urban heat island reduction effect of factors that affect regional temperatures. Heat islands cause environment deterioration and therefore can harm citizens' health, and also affects the city's metabolism process. Thus in order to restrain regional temperature rises the conclusion was drawn that consideration to increase forest areas on part of land usage planning is needed. Appropriate policy measures to regulate traffic related factors are also needed to restrain regional temperature rises.

In order for future heat island reduction this research proposes a way to set up more effective policies and urban sustainability improvement strategies, and is significant in that it makes use of detailed data such as land usage and land coverage, Temperature of cities, Coordinate axis in analyses.

### KEYWORD

미시공간,  
국지온도,  
도시열섬현상,  
토지피복

Microspace,  
Local Temperature,  
Heat Island,  
Land Coverage

### ACCEPTANCE INFO

Received May 1, 2014  
Final revision received October 12, 2014  
Accepted October 15, 2014

© 2014 KIEAE Journal

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 들어 급속한 도시지역의 지속적인 성장으로 인하여 환경을 고려하지 않은 무분별한 개발이 도시를 둘러싼 다양한 환경문제에 대두되고 있다. 그중에서 도시기후의 가장 두드러진 문제로는 도시 내부 온도가 도시외각의 온도보다 높은 도시열섬현상이 도시화 개발 속도에 비례하여 빠르게 확산되고 있다. 도시규모가 확산될수록 더욱 집약적인 현상으로 나타나며, 생활환경뿐만 아니라 자연환경도 악화시키고 있다.

뿐만 아니라 도시열섬을 형성하는 특수한 도시기후 범역의 형성은 지역 내 에너지 평형을 왜곡시키는 현상을 낳게 되고, 에너지 평형을 보전하기 위한 에너지의 추가적 소비에 의해 대기오염도는 더욱 점증하는 악순환을 낳게 되었다. 이에 따라 도시열섬현상에 대한 관심이 커지기 시작하였다.

이러한 도시열섬으로 인한 환경문제를 해결하기 위해서국내·외적으로 도시지역의 온도상승 형태를 분석하여 도시열섬현상 감소 방안을 위한 연구가 다양하게 진행되어왔지만, 미시적 공간 범위 연구는 미미한 상태이다.

우리나라는 2004년 「대기환경보정법」을 개정하여 대기순환 장애 방지를 위한 법적 근거를 마련하였고, 2008년에는 「기후변화 대책 위원회 구성 및 운영에 관한 규정」을 개정하였다. 하지만 이를 구체화하여 실제 도시계획 및 설계시 활용할 수 있는 구체적인 방안은 여전히 수립되어 있지 않은 상황이다. 이러한 원인은 도시화가 기후에 미치는 영향을 정확하게 평가할 수 있는 방안과 열환경 관리에 관한 통합적이고, 체계적인 연구가 부족하기 때문인 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 국내외 연구들에서 도출한 도시온도에 영향을 미치는 요소들을 분석한 후, 그 요소들을 이용하여 통합모델을 구축하였다. 이러한 통합모델을 활용하여, 자동기상측정망(AWS)의 국지온도와 토지이용 및 토지피복과의 상관성을 분석함으로써 보다 효과적인 국지온도 관리 및 열섬현상 완화 방안을 도출하고자 하였다.

## 1.2. 연구범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위로 전국 자동기상측정망(AWS : Automatic Weather System) 지점으로부터 반경 500m로 한정하며, 시간적 범위로 2007년 8월 오후 2시 평균온도를 중심으로 하였다.

내용적 범위로 자동기상측정망 설치 지점 반경 500m의 토지피복 및 토지이용과 대도시와 소도시로 구분하여 도시별 평균기온, 경도, 위도를 분석하였다. 이러한 과정을 통해 도출된 데이터와 국지온도간의 상관성을 도출하였다.

이를 위해 본 연구에서는 선행연구 고찰을 통해 변수를 선정하고, 위계적 회귀분석을 통한 자동기상측정망 인근 500m의 토지이용, 토지피복과 도시별 평균기온, 경도, 위도와 국지온도간의 관계를 분석하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 도시열섬현상

도시의 열섬현상은 서울과 같은 고밀도의 인공적인 도시환경이 만들어내는 독특한 미시기후로, 등온선으로 표기하였을 때 폐쇄적 곡선으로 나타나는 핵심 부분이 존재하며 이 부분은 주변지역보다 일반적으로 2~3℃ 이상 온도가 높다. 도심부의 높은 온도는 내부의 각종 인공열, 건축물, 도로 등이 원인이며, 주변지역보다 더 건조하고 바람이 덜 부는 특징이 있다.<sup>1)</sup>

이처럼 도시열섬현상은 지역내 기온상승·통풍불량 등의 환경악화를 유발하여 시민 건강의 위해 가능성은 물론 도시자체의 신진대사과정에 영향을 미친다.

도시의 경우, 토지이용이 집약적이기 때문에 고밀화, 고층화된 시가지의 고온화현상으로 형성된 열섬이 인간생활에 많은 영향을 미치고 있으며, 이는 도시기후의 문제점으로 크게 지적되고 있는 실정이다.

이에 열섬현상의 발생 원인으로는 크게 세 가지로 지적되고 있다(오규식, 2005).

첫째, 자동차 배기가스와 주거·상업지역의 에어컨, 난방기의 배출열 등 각종 인공열이 있다. 둘째, 빛을 흡수하는 효율이 높고 흡수한 빛을 적외선 방사의 형태로 외부로 다시 내보내 대기의 온도를 증가시키는 아스팔트와 콘크리트와 같은 각종 인공시설물이 있다. 셋째, 수분을 증발시키고 태양열을 흡수해 대기의 기온을 하강시키는 물론, 그늘까지 만들어 태양에너지가 지표면을 가열하는 것을 막아주는 각종식물과 나무, 즉 녹지면적이 감소하는 문제를 들 수 있다.

### 2.2. 선행연구 고찰

본 연구와 관련이 깊은 선행연구들은 도시특성요소를 도출하여 대기질 및 대기오염, 도시온도 등의 환경속성과의 관련성을 검토하는 연구와 도시열섬을 저감하기 위한 목적으로 토지피복과의 관련성을 검토하는 연구 등, 크게 두 가지로 구분이 가능하다.

특히 본 연구와 관련성이 깊은 연구는 후자의 연구들이며, 이와 관

련된 연구들의 대부분은 접근 방법으로 녹지 및 공원 등의 요소와 도시온도와의 관련성을 검토한 후, 기존 계획안에 대한 개선안을 제시하는 방식을 취하고 있다. 이러한 연구들에서 도시온도 저감과 관련이 있는 변수로 표고, 교목·관목 식피율, 하천 면적들이 거론되며, 이들 중 교목 식피율이 특히, 기온저감에 중요한 역할을 하는 것으로 분석되었다(홍재주, 2004).

또한 국외연구들에서도 이와 비슷한 결과를 나타내고 있는데, Oke et al. (1987)은 도시녹지 등의 토지 피복상태와 대기온도 등이 도시온도와 높은 상관관계가 있음을 분석하였으며, Ca et al. (1998)은 공원에서부터 발생된 찬공기는 그 공원 경계로부터 100m 떨어진 지역까지 영향을 미친다는 점을 밝히고 있기도 하다. Wilmers et al. (1991)은 커다란 녹지지역은 그 주변지역에서도 측정 가능한 효과를 가지고 있고, 그 효과의 범위는 대류 때문에 100~500m 거리로 제한된다고 밝혔다. 또한 일반적으로 2℃정도의 기온차이가 보이며, 수목의 차양효과는 Rosenfeld et al. (1995)와 Akbari et al. (1997)에 의해서 연구되었는데, 나무에 의해 차양되었을 때 새크라멘토에 있는 두 구의 냉방기 이용에 소모된 에너지가 30~35%정도 절감되었다고 밝혔다. Jauregui et al. (1991)는 멕시코 시내에 있는 부지면적 500ha의 분수와 인공호수, 나무들과 박물관, 운동장 등이 있는 큰 공원의 효과에 대하여 관찰하였다. 이른 아침에 그 공원은 인근지역보다 기온이 2~3℃정도 낮았으며, 공원의 경계부에서 약 2km가 넘는 지역에까지도 냉각효과가 나타나는 것으로 조사되었다.

이러한 기존 연구동향 속에서 도출가능한 이슈는 모두 두 가지이다.

먼저, 국내연구들의 한계로, 미시적인 영역에 대한 연구보다는 주로 거시적인 차원에서 연구들이 주로 진행되어 왔다. 다만, 국내의 도시녹지의 도시열섬 저감효과 관련연구에서는 도시녹지의 미기후 개선 효과와 기후에 따른 바람길 조성방안에 관하여 중점적으로 연구되었다. 녹지와 국지공간에서의 바람길 연구는 다수 찾아볼 수 있으나 그 외의 토지이용의 차이에 따른 인공열이나 토지피복의 차이로 인한 알베도 등이 도시온도에 주는 영향에 대한 연구는 부족한 상황이다. 이러한 국내의 상황과는 달리, 국외연구들에서는 전술한 바와 같이 미시적인 영역과 거시적인 영역에서 모두 도시열섬저감 효과에 관한 연구가 많이 진행되어왔다. 즉, 국외의 연구동향과는 달리 국내에서는 미시적인 차원에서 다양한 토지피복 요소들이 도시온도에 미치는 효과를 검증한 논문은 부족하다.

다음은 국내외 연구들 모두에 해당하는 내용으로, 여전히 다양한 사례와 몇 가지 요소들만이 도시온도에 미치는 영향을 검토하는 상황이다. 이러한 개별 연구들은 모두 중요한 연구사적 의미를 가지지만 주요 변인들 간의 다양한 영향관계를 통제하고 연구를 진행하지 못했다는 한계를 지닌다. 즉, 도시온도에 영향을 주는 것으로 알려진 요소들을 이용하여 통합모델을 구축하지 못함으로써 연구에서 빠진 요소 몇몇 요소가 각 연구들에서 관심을 갖고 관찰한 요소와 도시온도의 관계에 미치는 간접적인 효과 등을 고려하고 있지 못한 것이다.

이에 본 연구에서는 미시적 영역인 근린단위의 토지이용, 토지피복도, 도시별 평균기온, 경도, 위도 등이 국지온도에 영향을 미치는 요소들로 통합모델을 구축하여 분석하고자한다. 이를 통해 미시적 영역인 근린단위에서의 도시계획 및 설계시, 활용될 수 있는 사항들을 제시하고자한다.

1) 서지은 외 4인, 도시지역의 열섬현상에 영향을 미치는 요소 분석, 대한건축학회 학술대회 논문집, Vol.29, No.1, 2009.

본 연구에서 검토한 관련 선행연구를 정리하면 다음의 Table1과 같다.

Table1. Advanced Research

Author	Research Contents
Jae-Joo Hong, Kyu-shik Oh (2004)	Used satellite images to comprehend temperature distribution within the city, and proposed city park-green arrangements by using regression analysis to find out how park-greens, land usage pattern, topography, and building coverage affect temperature distribution.
Yong-Jin Kim, Dong-HwaKang, Kum-Hyuck Ahn (2011)	Derived climate characteristic appropriate methods to reduce heat island by distinguishing and analyzing Seoul's heat island by sunny and cloudy days.
Jin-Hee Ju, Yong-Han Yoon (2011)	Reilluminated the environmental utility of city forests by analyzing citizen usage and awareness of the heat island reduction effect with an emphasis on thermal comfort.
Oke, T. R. (1987)	Derived city greens' temperature reduction effect measure as city greens' temperature was observed to be strikingly lower compared to other city parts.
Ca. V. T. T. Aseada, E. M. Abu (1998)	Measured the temperature of eleven areas of a major city such as parks and planting areas, the peripheral temperature of the measuring points, and tree shade area and analyzed the significance of the shade effect by estimating regression model.

### 3. 분석방법

#### 3.1. 연구 분석 방법

본 연구의 대상지는 전국에 위치한 자동기상측정망(478개 지점)을 대상으로 대도시와 소도시로 구분하였다.

월 중 구름의 영향이 최소인 맑은 날을 선택하여 도시열섬현상 발생 원인을 분석하였다. 또한 해당 기간의 여름철 8월인 대기온도가 높은 오후2시의 데이터를 사용하였다. 전국에 위치한 자동기상측정망 반경 500m의 원형지역을 추출하고, 각 원형지역 내부의 토지피복도 면적들을 추출 하였다. 그 후 각 지점의 국지온도와 주변 토지이용, 토지피복도와 분류한 도시들의 각 도시별 평균온도, 경도, 위도를 연계하여 각 변수들의 단계적 모델 설명력 비교를 위해 위계적 회귀 분석을 진행하였다. 이를 위해 다음과 같은 초기 모형식을 이용하여 그 관계를 설명하고자 하였다.

$$T_k = f(E_k, WS_k, LU_k) \quad (식1)$$

여기서,

$T_k$  = AWS K지점의 온도

$E_k$  = AWS k지점 지역의 평균고도

$WS_k$  = AWS k지점 풍속

$LU_k$  = AWS k지점 지역의 토지이용 및 피복도 면적

#### 3.2. 자료

본 연구에서는 환경부에서 제공된 2007년 토지이용면적 및 토지피복면적 데이터를 활용하였다. 이 자료는 실제 Table2와 같이 23개의 중분류 토지이용 및 토지피복도로 구성되어 있다. 본 연구에서는 전국에 위치한 전체 자동기상측정망(478개 지점)으로부터 반경 500m의 원형지역(0.79km<sup>2</sup>)을 중심으로 ArcGIS 10.0을 활용하여 토지이용면적 및 토지피복 면적을 추출하였다. 또한 국가통계포털에서 제공한 도시별 평균기온, 경도, 위도를 구독하였다.

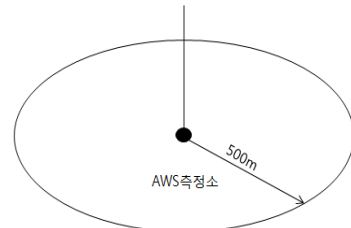


Figure 1. Extraction methodology of coverage of AWS surrounding area

종속변수로 사용된 자동기상측정망을 통한 기초자료는 기상청이 1995년부터 국지규모의 방재기상정보 생산을 위하여 설치·운영하여 획득된 자료이며, 전국에 위치한 자동기상측정망의 2007년 8월 오후 2시의 평균온도 자료<sup>2)</sup>를 이용하였다. 또한 토지이용, 토지피복, 도시별 평균기온, 경도, 위도 등 독립변수와 국지온도간의 상관관계 분석을 위해 이용한 분석프로그램은 SPSS 19.0을 사용하였다.

Table2. Land Coverage Type

Classification	Middle Classification	Classified Area
100	110	Residential Area
	120	A Manufacturing Area
	130	Commercial Area
	140	Recreational Facilities Area
	150	Traffic Area
	160	A Public Facilities Area
200	210	Rice paddy
	220	Farm
	230	House Cultivation Area
	240	Orchard
300	250	Other Cultivation Area
	310	Broad-Leaved Forest
	320	Coniferous forests
400	330	Mixed Stand Forest
	410	Natural Pasture
	420	Golf Links
500	430	Other Grassland
	510	Inland Wetland
600	520	Coastal Wet Land
	610	Mining Site
700	620	Other Bare Land
	710	Inland Water
	720	Ocean

2) 8월 평균은 대기온도가 가장 높은 시기에 대한 시사점을 제시하고자 선택하였다.

자동기상측정망 기온 자료 478개 중 토지피복도와 일치하지 않는 도서지역의 74곳을 제외한 대도시211곳 소도시 193곳으로 총 404개의 기상데이터(자료)가 본 연구 분석에 활용되었다.

### 3.3. 변수선정

앞서 선행연구 검토를 통해서 실제 도시온도와 긴밀한 관계를 맺는 것으로 알려진 토지이용, 토지피복도, 도시별 평균기온, 경도, 위도를 주요독립변수로 선정하였다.

독립변수는 환경부에서 제공된 자료 중 토지이용면적은 주거지역, 공업지역, 교통지역, 공공시설지역으로 선정하였다. 토지피복면적은 농림지는 논, 밭, 하우스재배지, 기타재배지를 선정하였으며, 자연산림지는 활엽수림, 침엽수림, 혼효림으로 선정하였다. 또한 초지는 자연초지, 골프장, 기타초지를 선정하여 조작적 정의를 내렸으며, 습지 및 수변지는 내륙·연안습지, 채광지역, 기타나지, 내륙수, 해양수를 선정하였다.

Table3. Descriptive statistics of variables

Categorization	Variable	Metropolitan city		Provincial city	
		Average	Standard Deviation	Average	Standard Deviation
Natural Environment	Height	124.948	209.520	170.057	221.914
	Wind Speed	2.627	0.955	2.525	0.982
Land Use	Residential Area	0.130	0.133	0.074	0.079
	A Manufacturing Area	0.170	0.064	0.004	0.015
	Traffic Area	0.046	0.047	0.024	0.019
	A Public Facilities Area	0.035	0.063	0.016	0.034
Agriculture and Forestry Area	Rice paddy	0.117	0.154	0.185	0.156
	Farm	0.088	0.091	0.132	0.102
	House Cultivation Area	0.003	0.012	0.005	0.021
	Other Cultivation Area	0.003	0.010	0.004	0.011
Natural Forest	Broad-Leaved Forest	0.040	0.100	0.047	0.128
	Coniferous forests	0.072	0.101	0.120	0.120
	Mixed Stand Forest	0.041	0.077	0.036	0.076
Grassland	Natural Pasture	0.004	0.023	0.003	0.009
	Other Grassland	0.024	0.049	0.013	0.024
Wetland and Water Area	The Interior-Coast Marshy Land	0.012	0.037	0.018	0.035
	Mining Site	0.0004	0.004	0.00004	0.0004
	Other Bare Land	0.038	0.061	0.022	0.028
	Inland Water	0.018	0.043	0.021	0.032
Temperature of cities	The Average Temperature	13.340	1.374	12.972	1.539
	Longitude and latitude	268892.4	84467.6	259075.5	86821.7
Longitude and latitude	Longitude	268892.4	84467.6	259075.5	86821.7
	Latitude	309888.2	138099.3	290908.1	128591.0
Dependent Variable	Microscopic Temperature	28.957	1.842	28.995	1.997

토지피복도의 변수에서 Table3과 같이 23개의 변수 중에 다중공선성의 판정을 위한 분산팽창계수(VIF: Variation Inflation Factor)의 수치결과가 상당히 높아 변수의 다중공선성의 위험성이 있는 상업지역, 위락시설지역, 골프장, 과수원이 제외가 되었다.

## 4. 분석 결과

### 4.1. 대도시 분석결과

본 연구에서 제시하는 대도시에 대한 8개 모델의 분석결과는 다음과 같다. 먼저, Model1은 자연환경 관련 변수만을 고려하여 미시온도와의 관련성을 검토한 모델로 고도와 풍속이 미시온도와 상당히 유의미함을 알 수가 있다. 이에 따라서 고도와 풍속 증가할 때, 온도가 감소되는 것을 알 수가 있다.

Model2는 전술한 Model1에 토지이용 관련 변수들이 추가되었으며, 주거지역과 교통지역면적이 미시온도와 유의미한 관계를 갖는 것으로 분석되었다. 두 변수 모두 도시온도와 양의 상관관계를 갖는 것으로 도출되었는데, 두 토지이용의 면적이 증가할수록 인근의 미시온도가 증가함을 알 수가 있었다.

Model3의 경우에는 전술한 Model2에 농림지 관련 변수를 추가한 것으로, 분석결과는 공업지역과 공공시설면적을 제외하고 대체적으로 나머지 변수들이 미시온도와 유의미한 관계를 갖는 것으로 도출되었다. 다만 공업지역, 밭, 기타재배지면적 같은 경우에는 다른 변수들에 비해서 유의도가 낮은 것을 알 수가 있었다. Model2는 Model3과 조절된 R<sup>2</sup> 값을 비교할 때, 각각 0.535에서 0.594로 모델 설명력이 증가한 것을 확인할 수 있다. 이는 실제로 토지이용 관련 변수보다는 농림지 관련 변수가 미시온도를 보다 더 잘 설명하는 변수임을 확인할 수 있었다.

Model4의 경우에는 Model3에 자연산림지 관련 변수를 추가한 것으로, 주거지역, 교통지역, 논, 기타재배지 면적에 비하여 하우스재배지 면적이 미시온도와 상대적으로 관계가 깊은 것을 알 수가 있었다. 이러한 Model4는 Model3과 비슷한 결과를 나타냈다.

다음으로 Model5는 Model4에 초지 관련 변수를 추가하였으며, 전체적인 변수별 유의미 정도는 기존의 Model3과 비슷한 수준으로 나왔다. Model5에서 특이한 것은 Model4와 Model5의 모델 설명력(수정된 R<sup>2</sup>)이 Model4(0.590)에서 Model5(0.587)로 감소한 것을 알 수가 있다. 이를 통해서 실제로 도시온도를 설명함에 있어서 초지관련 변수는 크게 도움이 되지 않음을 알 수가 있었다. 이러한 결과는 기존의 선행연구들에서 관찰한 결과<sup>3)</sup>와는 상반된 결과를 나타냈는데, 대도시에서만 이러한 결과가 나왔으며, 4.2에서 살펴볼 소도시에서는 그렇지 않은 결과를 나타내었다. 이에 대해서는 추가연구를 통해 좀 더 논의가 필요할 것으로 사료된다.

Model6은 Model5에 습지 및 수변지 관련 변수들을 추가한 것으로, 해양수가 대기온도저감에 효과가 있으며, 유의미함이 확인되었다. Model5(0.587)에서 해양수 변수를 추가하여 Model6(0.597)의 설명력이 약간 증가 된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 해양수가 미시온도와 관련이 깊은 변수라고 할 수가 있다.

Model7은 도시별 평균기온을 추가한 모델로 Model6(0.597)의 설명력에서 Model7(0.669)의 설명력이 상당히 증가된 것을 알 수가 있다. 이에 따라 각 지점별 미시온도가 도시별 평균기온과 관련이 깊다는

3) Oke et al. (1987)에 따르면 도시녹지 등의 토지 피복상태와 대기온도 등이 도시온도와 높은 상관관계가 있음을 분석하였다.

것을 알 수 있다.

최종 Model8은 Model7에서 경도, 위도가 추가되었으며, 설명력은 Model7(0.669)에 비하여 Model8(0.737)이 상당한 수준으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 실제로 도시별 평균기온과 경도, 위도는 기본적인 변수로 모델에 투입되어야 한다는 것을 알 수 있었으며, 다음과 같이 전체변수들과 미시온도와와의 관계를 분석하고자 한다.

최종 Model8에 따르면 Table4와 같이 자연환경 관련 변수인 고도와 풍속이 유의미한 결과가 나왔다. 또한 도시온도와 관련이 깊을 것으로 여겨지던 토지이용 관련 변수들중 주거지역, 교통시설지, 공공시설면적이 미시온도를 증가시킨다는 것을 알 수 있었다. 실제로 토지이용 관련 자체는 유의미한 변수가 적었고, 미시온도 설명효과가 작았지만 기존에 알려진대로<sup>4)</sup> 주거지와 교통시설면적이 온도 상승에 관련이 있다는 점과 도로의 온도 상승효과가 주거지의 온도상승 효과에 비해서 높음을 확인할 수 있었다.

다음으로 농림지 관련 변수들을 살펴보면, 하우스재배지가 유의미한 결과가 나왔으며, 농림지의 논과 하우스재배지는 면적이 증가할 때, 미시온도가 증가하는 것을 알 수가 있었다. 또한 자연 산림지와 초지 관련 변수를 분석한 결과, 이들이 상대적으로 도시온도저감에 효과가 없다고 판단되었다. 하지만 4.2에서 살펴볼 소도시의 경우에는 유의미 했으며, 이는 대도시와 소도시의 차이 때문으로 판단된다. 이에 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다. 습지 및 수변지 관련 변수는 해양수만이 대기온도를 저감하는 효과가 나타났

다. 다음으로 도시별 평균기온을 살펴보면, Model7에서는 도시별 평균기온이 유의미 했지만, Model8에서는 유의미 하지 않은 결과를 나타내었다. 이는 미시온도와 밀접한 관계를 가진 것은 도시별 평균기온이 아니라 경도와 위도인 것을 알 수 있다. 특히 그중 위도 변수가 미시온도에 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.

#### 4.2. 소도시 분석결과

본 연구에서 제시하는 소도시에 대한 8개 모델의 분석결과는 다음과 같다. 먼저, Model1은 자연환경 관련 변수만을 고려하여 미시온도와와의 관련성을 검토한 모델로 고도와 풍속이 미시온도와 상당히 유의미함을 알 수가 있다. 이에 따라서 고도와 풍속이 증가할 때 미시온도가 감소되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 대도시의 Model1과 유사한 결과를 나타내고 있다.

Model2는 전술한 Model1에 토지이용면적이 추가되었는데, 설명력이 0.705에서 0.702로 감소된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해서 실제로 소도시에서 미시온도를 설명함에 있어서 토지이용면적 관련 변수는 크게 도움이 되지 않음을 알 수 있다. 이는 대도시와는 다른 결과이므로, 토지이용 관련 변수의 밀도차이에서 나온 것으로 사료된다.

Model3에 경우에는 전술한 Model2에 농림지 관련 변수를 추가한 것으로, 분석결과는 공공시설지역과 기타재배지면적은 유의도가 낮게 나왔지만, 하우스재배지 면적이 미시온도와 상당히 유의미한 결과가 도출되었다. Model2는 Model3과 조절된 R<sup>2</sup> 값을 비교할 때,

Table4. Analysis result of models(metropolitan city)

Categorization	Classified Area	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
		Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff
Natural Environment	Height	-0.707**	-0.661**	-0.587**	-0.582**	-0.586**	-0.586**	-0.606**	-0.673**
	Wind Speed	-0.218**	-0.220**	-0.215**	-0.215**	-0.216**	-0.193**	-0.263**	-0.256**
Land Use	Residential Area		.103 †	.171**	.162*	.156*	.109	.091	.102 †
	A Manufacturing Area		.033	.065	.060	.059	.041	.045	.059
	Traffic Area		.089 †	.135*	.125*	.130*	.072	.114 †	.110*
	A Public Facilities Area		-.004	.050	.045	.047	.012	.047	.095*
Agriculture and Forestry Area	Rice paddy			.142*	.131*	.129*	.072	.133*	.108 †
	Farm			.080 †	.078	.080	.023	.065	.028
	House Cultivation Area			.176**	.173**	.172**	.153**	.119**	.083*
	Other Cultivation Area			.087 †	.083 †	.082 †	.074	.021	.029
Natural Forest	Broad-Leaved Forest				-.044	-.045	-.092	-.111*	-.053
	Coniferous forests				-.031	-.033	-.069	-.019	-.027
	Mixed Stand Forest				.034	.034	-.005	.017	.016
Grassland	Natural Pasture					.014	-.001	-.029	-.013
	Other Grassland					-.018	-.035	-.079 †	-.060
Wetland and Water Area	The Interior-Coast Marshy Land						-.073	-.042	-.020
	Mining Site						.059	.068 †	.055
	Other Bare Land						-.031	.002	.008
	Inland Water						.050	.063	.059
	Ocean						-.121 †	-.159**	-.182**
Temperature of cities	The Average Temperature							.308**	-.061
Longitude and latitude	Longitude								.043
	Latitude								-.463**
Constant		30.839	30.440	29.594	29.695	29.718	30.272	24.879	33.168
R <sup>2</sup>		0.522	0.549	0.613	0.616	0.161	0.635	0.702	0.766
Adj R <sup>2</sup>		0.517	0.535	0.594	0.590	0.587	0.597	0.669	0.737

p<0.1: †, p<0.05: \*, p<0.01: \*\*

4) Athens에서의 조사에 따르면 보행자 전용도로보다는 교통량이 많은 도로에서 약 2°C 까지 더 높은 대기온도를 나타낸다고 밝혔다.

Table 5. Analysis result of models(Provincial city)

Categorization	Classified Area	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
		Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff	Coeff
Natural Environment	Height	-0.831**	-0.828**	-0.791**	-0.783**	-0.792**	-0.801**	-0.744**	-0.699**
	Wind Speed	-0.139**	-0.130*	-0.137**	-0.138**	-0.128*	-0.110*	-0.124*	-0.112*
Land Use	Residential Area		-0.012	0.002	-0.002	0.011	-0.090	-0.086	-0.099 †
	A Manufacturing Area		0.007	0.003	0.007	0.011	-0.015	-0.004	-0.020
	Traffic Area		0.027	0.022	0.022	0.022	0.014	0.024	0.030
	A Public Facilities Area		0.049	0.063 †	0.059	0.069 †	0.011	0.021	0.046
Agriculture and Forestry Area	Rice paddy			0.057	0.050	0.069	-0.099	-0.101	-0.133
	Farm			0.017	0.009	0.021	-0.085	-0.077	-0.103 †
	House Cultivation Area			0.132**	0.131**	0.126*	0.100*	0.086*	0.070 †
	Other Cultivation Area			-0.064 †	-0.066 †	-0.064 †	-0.080*	-0.080*	-0.052
Natural Forest	Broad-Leaved Forest				-0.008	0.016	-0.124	-0.141 †	-0.159 †
	Coniferous forests				0.001	0.023	-0.100	-0.096	-0.097
	Mixed Stand Forest				-0.027	-0.016	-0.103 †	-0.124*	-0.086
Grassland	Natural Pasture					0.075 †	0.070 †	0.072 †	0.061 †
	Other Grassland					0.029	-0.007	-0.004	0.037
Wetland and Water Area	The Interior-Coast Marshy Land						-0.041	-0.039	-0.045
	Mining Site						-0.043	-0.034	-0.011
	Other Bare Land						-0.054	-0.053	-0.056
	Inland Water						-0.047	-0.047	-0.019
	Ocean						-0.126 †	-0.128 †	-0.164*
Temperature of cities	The Average Temperature							0.102*	-0.018
Longitude and latitude	Longitude								0.110*
	Latitude								-0.349**
Constant		30.980	30.837	30.592	30.662	30.359	31.998	30.226	33.102
R <sup>2</sup>		0.708	0.712	0.736	0.737	0.744	0.752	0.759	0.814
Adj R <sup>2</sup>		0.705	0.702	0.722	0.718	0.722	0.723	0.729	0.789

p<0.1: †, p<0.05: \*, p<0.01: \*\*

0.702에서 0.722로 상당한 수준의 모델 설명력이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 실제로 농림지가 보다 미시온도를 설명하는 변수임을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 대도시와 유사한 결과임을 확인할 수 있었다.

Model4에 경우에는 Model3에 자연산림지 관련 변수를 추가한 것으로 기타재배지에 비하여 하우스재배지가 상대적으로 관계가 높은 것을 알 수 있다.

다음으로 Model5는 Model4에 초지 관련 변수를 추가하였으며, 전체적인 변수별 유의미 정도는 기존의 Model3과 비슷한 수준으로 나왔다. 초지 관련 변수는 다른 변수들에 비해서 자연초지만이 유의도가 높은 것을 알 수 있었다. 이것을 통해 타 변수들이 통제된 상황에서 자연초지만이 미시온도와 영향을 갖는다고 결론내릴 수 있으며, 자연초지가 도시온도 감소에 강한 영향관계를 갖는다는 점을 밝힐 수 있었다. 이러한 결과는 대도시와는 상이한 결과가 나왔지만, 기존의 선행연구들에서 관찰한 결과와 유사함을 확인할 수 있었다.

Model6는 Model5에 습지 및 수변지 관련 변수들을 추가한 것으로, 전체적인 변수별 유의미 정도는 Model5와 비슷한 수준으로 나왔으며, 해양수가 다른 변수들에 비해서 보다 유의미하게 나왔다. 이와 같은 결과는 대도시의 분석 결과와 유사한 결과를 보이고 있다.

Model7은 도시별 평균기온을 추가한 모델로 유의미 정도는 기존의 Model6과 비슷한 수준으로 나타났으며, 각 지점의 미시온도와 도시별 평균기온이 관련성이 크다는 결과를 알 수 있었다. 하지만 이는 앞에 4.1 대도시에서 본 것과 같이 Model7에는 유의미하지만,

Model8에서는 유의미하지 않은 결과를 나타냈다.

최종 Model8은 Model7에서 경도, 위도가 추가되었으며, 설명력이 Model7(0.729)에 비하여 Model8(0.789)이 상당한 수준으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 대도시와 같은 결과로 도시별 평균기온과 경도, 위도는 기본적인 변수로 모델에 투입되어야 한다는 것을 알 수 있었다.

최종 Model8에 따르면 Table5와 같이 자연환경 관련 변수인 고도와 풍속이 유의미한 결과가 나왔다. 또한 도시온도와 관련이 깊을 것으로 여겨지던 토지이용관련 변수는 주거지역면적이 증가할 때, 미시온도가 증가함을 알 수가 있었다. 실제로 토지이용 자체는 유의미한 변수가 적었고, 주거지역면적이 온도 상승에 관련이 있다는 점과 주거지역면적의 증가로 온도가 상승됨을 확인할 수 있었다.

다음으로 농림지 관련 변수들을 살펴보면, 밭과 하우스재배지가 유의미한 결과가 나왔다. 대도시와는 다르게 밭은 미시온도를 감소시키고, 하우스재배지 면적이 증가할 때 상대적으로 온도가 많이 증가하는 것을 알 수가 있었다. 또한 논은 유의미하지는 않지만, 온도를 저감시킨다는 것을 알 수 있었다.

다음으로 자연 산림지 관련 변수들을 분석한 결과 활엽수림만이 미시온도와 영향을 갖는다고 결론을 내릴 수 있으며, 또한 초지 관련 변수인 자연초지와 기타초지의 결과를 보면 자연초지만이 유의미함을 알 수가 있다. 이러한 결과는 대도시와는 상이한 결과를 나타냈다. 분석결과에 따르면 활엽수림과 자연초지가 도시온도 저감에 효과가 있다고 판단할 수 있다. 다음으로는 습지 및 수변지 관련 변수같은 경

우에는 해양수 만이 대기온도를 저감하는 효과가 나타났다. 다음으로 도시별 평균기온은 Model7과는 다르게 유의미 하지 않게 나타났으며, 위도와 같은 변수가 미시온도와 깊은 관계를 갖고 있는 변수라고 할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 자동기상측정망의 지점의 반경 500m의 토지이용도, 토지피복도, 도시별 평균기온, 경도, 위도 등으로 여름철 대기온도와 상관관계를 분석하고, 모델을 개발하여 미시온도에 영향을 미치는 인자를 분석하였다. 분석 결과로 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다.

첫째, 자연환경 관련 변수에서 고도와 풍속이 모두 미시온도와 유의미하였다. 실제로 다른 모델에 비하여 높은 설명력을 나타냈으며, 미시공간에서의 열섬현상 저감을 위한 설계는 지형 및 CFD를 활용한 바람길에 대한 계획이 반드시 포함되어야 할 것으로 사료된다.

둘째, 실제 모든 토지이용변수들은 유의미한 변수가 적었지만, 대도시에서 주거지역면적과 교통지역면적이 미시온도 상승에 관련이 있었다. 이에 도시온도 상승을 억제하기 위해서는 교통관련 인자들에 대한 적절한 정책적 수단이 필요하다고 판단된다.

셋째, 토지피복의 농림지 관련 변수 중에서 대도시에서는 논이 미시온도를 증가시키는 반면에 소도시에서는 유의미 하지 않지만, 미시온도를 감소시키는 것을 알 수 있었다. 또한 밭도 미시온도를 감소시키는 결과를 나타냈다. 하우스재배지는 면적이 증가할 때, 미시온도가 증가된다는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 소도시는 대도시와 상이하게 자연 산림지의 변수 중에서 활엽수림과 자연초지가 다른 변수들에 비하여 미시온도를 저감시킨다는 것을 알 수 있었다. 이에 도시대기온도 상승을 억제하기 위해서는 산림지면적을 증가시킬 수 있는 정책마련으로 온도 저감효과를 증대시킬 수 있다.

넷째, 대도시와 소도시로 구분하여 도시온도에 영향을 미치는 통합모델을 검증한 결과, 그 관계가 상이함을 알 수 있었다. 이를 통해 각 상위 공간단위의 크기에 따라 미시적 공간에서 중요하게 다뤄야 할 요소가 다름을 알 수 있었다. 또한 상위 공간 단위의 특성이 다름에 따라 미시적 범위에서의 온도에 영향을 미치는 변수 간의 관계 역시 다소 달라질 수 있다는 점 역시 알 수 있었다. 이러한 결과는 토지이용 정책 수립시 최소한 두 지역으로 분류하여 토지이용정책을 수립해야 함을 시사한다고 할 수 있다. 이에 대해서 분류를 어떻게 하여 관리할 것인가와 상위 공간이 어떤 특징일 것일 때, 하위 미시공간의 온도가 영향을 받는가 등의 보다 다른 모형을 이용하여 구체적인 연구가 시행될 필요가 있다.

다음과 같은 결과는 도시열섬현상의 저감효과를 최종모델을 통하여 실증하였으며, 이를 토대로 보다 효과적인 정책 수립과 도시의 지속성 제고 전략을 마련할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서는 대도시 대기온도 저감을 위한 실증적 자료를 제공하여 미시적 영역인 근린단위에서의 도시계획 및 설계에 활용될 수 있도록 정책적 시사점을 제공하는데 의의가 있다.

본 연구에서는 수립한 모델은 미시적 공간에서 역시 중요하게 다

뤄야하는 건물의 높이, 형상, 입지상태 등에 대한 고려가 되지 않은 점이 한계라 할 수 있다. 이러한 자료는 실제로 전국적으로 구축된 자료가 아니고, 별도로 연구자가 구축해야하는 자료이기 때문에 본 연구에서는 활용할 수 없었다. 이에 대해서 보다 구체적인 연구가 가능하고자 하려면 관련 데이터의 구축이 선행될 필요가 있다고 할 수 있다. 이를 포함한 모델을 구축할 경우, 본 연구에서는 유의하게 나오지 않은 상업지역에 대한 추가적인 연구가 가능할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서 활용한 모델 외에 보다 복잡하고 현실의 상태를 반영할 수 있는 모델의 구축을 통한 추가 연구 역시 필요할 것으로 사료된다. 이러한 추가적인 연구가 진행될 경우, 본 연구에서 도출한 결론들에 대한 보다 구체적인 원인 진단 및 대안 작성이 가능할 것이기 때문이다.

## Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(과제번호: 12첨단도시D09)에 의해 수행되었습니다.

본 연구는 2014년 BK21플러스사업(과제번호: T1300451)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- [1] Yong-jin Kim, Dong-Hwa Kang, Kun-Hyuck Ahn, Characteristics of Urban Heat-Island Phenomena caused by Climate Changes in Seoul, and Alternative Urban Design Approaches for their Improvements, Urban Design Institute of Korea, Vol.12, No.3, 2011.06
- [2] Ji-Suk Ahn, Jae-Dong Hwang, Myung-Hee Park, Young-Sang Suh, Estimation of Urban Heat Island Potential Based on Land Cover Type in Busan Using Landsat-7 ETM+ and AWS Data, The Korean Association of Geographic Information Studies, Vol.45, No.4, 2012.11
- [3] Kyu-Shik Oh, Jae-Joo Hong, The Relationship between Urban Spatial Elements and the Urban Heat Island Effect, Urban Design Institute of Korea, Vol.6, No.1, 2005.03
- [4] Kyu-Shik Oh, Jah-Hoon Koo, Chang-Je Cho, The Effects of Urban Spatial Elements on Local Air Pollution, Korea Planners Association, Vol.40, No.3, 2005.06
- [5] Jin-Hee Ju, Yong-Han Yoon, An Analysis on Utilization of Urban Forest and Awareness of Forest Effect for Urban Heat Island(UHI) Reduction - A Case Study of Chung-ju City, Urban Design Institute of Korea, Urban Design Institute of Korea, Vol.12, No.4, 2011.08
- [6] Yeol Choi, Seol-Hee Moon, Ha-Kyoun Yim, Assessing the Impact of the Factors of Urban Characteristics on Air Pollution Using Panel Model, Korea Planners Association, Vol.42, No.3, 2007.06
- [7] Hyun-Jung Je, Seung-il Lee, A Time-Series Efficiency Analysis of Urban Characteristics Factors and the Air Quality for the City of Seoul, Korea Urban Policy Association, Vol.3, No.2, 2012.10
- [8] Jae-joo Hong, Kyu-Shik Oh, Open-space Allocation Method to Mitigating the Urban Heat Island, Urban Design Institute of Korea, 2004.11
- [9] Ca. V. T., T. Asaeda, and E. M. Abu. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. Energy and Building.; 1998, 29 : 83-92.
- [10] Landsberg. H. E. The Urban Climate. Academic Press, New York.; 1981
- [11] Oke. T. R. Boundary Layer Climates. Routledge. London; 1987

Table 6. City names of AWS point

City names	The number of AWS point	City names	The number of AWS point
Sokcho-si, Gangwon-do	3	Hongcheon-gun, Gangwon-do	5
Cholwon-si, Gangwon-do	1	Taebaek-si, Gangwon-do	2
Dongducheon-si, Gyeonggi-do	1	Jecheon-si, Chungcheongbuk-do	4
Paju-si, Gyeonggi-do	2	Boeun-gun, Chungcheongbuk-do	2
Pyeongchang-gun, Gangwon-do	5	Cheonan-si, Chungcheongnam-do	1
Chuncheon-si, Gangwon-do	3	Boryeong-si, Chungcheongnam-do	1
Incheon	15	Buyeo-gun, Chungcheongnam-do	2
Gangneung-si, Gangwon-do	6	Buan-gun, Jeollabuk-do	4
Donghae-si, Gangwon-do	2	Imsil-gun, Jeollabuk-do	2
Seoul	21	Jeongeup-si, Jeollabuk-do	2
Wonju-si, Gangwon-do	5	Namwon-si, Jeollabuk-do	3
Ulleung-gun, Gyeongsangbuk-do	3	Jangsu-gun, Jeollabuk-do	1
Suwon-si, Gyeonggi-do	2	Gochang-gun, Jeollabuk-do	1
Yeongwol-gun, Gangwon-do	3	Suncheon-si, Jeollanam-do	4
Chungju-si, Chungcheongbuk-do	4	Jangheung-gun, Jeollanam-do	3
Uljin-gun, Gyeongsangbuk-do	5	Haenam-gun, Jeollanam-do	4
Cheongju-si, Chungcheongbuk-do	1	Goheung-gun, Jeollanam-do	3
Daejeon	4	Bonghwa-gun, Gyeongsangbuk-do	2
Yeongdong-gun, Chungcheongbuk-do	4	Yeongju-si, Gyeongsangbuk-do	2
Andong-si, Gyeongsangbuk-do	3	Mungyeong-si, Gyeongsangbuk-do	3
Sangju-si, Gyeongsangbuk-do	2	Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do	2
Pohang-si, Gyeongsangbuk-do	6	Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do	2
Gunsan-si, Jeollabuk-do	1	Uiseong-gun, Gyeongsangbuk-do	3
Daegu	3	Gumi-si, Gyeongsangbuk-do	2
Jeonju-si, Jeollabuk-do	1	Yeongcheon-si, Gyeongsangbuk-do	3
Ulsan	5	Hapcheon-gun, Gyeongsangnam-do	4
Changwon-si, Gyeongsangnam-do	3	Miryang-si, Gyeongsangnam-do	2
Gwangju	5	Sancheong-gun, Gyeongsangnam-do	3
Busan	6	Geoje-si, Gyeongsangnam-do	4
Tongyeong-si, Gyeongsangnam-do	4	Namhae-gun, Gyeongsangnam-do	2
Mokpo-si, Jeollanam-do	1	Cheongsong-gun, Gyeongsangbuk-do	3
Yeosu-si, Jeollanam-do	5	Wanju Gun, Jeollabuk-do	1
Sinan-gun, Jeollanam-do	9	Jeju-si, Jeju-do	7
Wando-gun, Jeollanam-do	6	Anseong-si, Gyeonggi-do	2
Jindo-gun, Jeollanam-do	6	Hadong-gun, Gyeongsangnam-do	4
Seogwipo-si, Jeju-do	6	Gapyeong-gun, Gyeonggi-do	2
Jinju-si, Gyeongsangnam-do	2	Ansan-si, Gyeonggi-do	1
Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	5	Goseong-gun, Gangwon-do	4
Icheon-si, Gyeonggi-do	1	Yanggu-gun, Gangwon-do	2
Inje-gun, Gangwon-do	2	Jeongseon-gun, Gangwon-do	2
Samcheok-si, Gangwon-do	4	Iksan-si, Jeollabuk-do	1
Hoengseong-gun, Gangwon-do	3	Jinan-gun, Jeollabuk-do	3
Yeoncheon-gun, Gyeonggi-do	1	Gurye-gun, Jeollanam-do	2
Gwangju-si, Gyeonggi-do	1	Naju-si, Jeollanam-do	2
Yeosu-si, Gyeonggi-do	2	Hwasun-gun, Jeollanam-do	3
Pyeongtaek-si, Gyeonggi-do	1	Gwangyang-si, Jeollanam-do	2
Siheung-si, Gyeonggi-do	1	Jangseong-gun, Jeollanam-do	1
Pocheon-si, Gyeonggi-do	2	Yeongam-gun, Jeollanam-do	3
Guri-si, Gyeonggi-do	1	Boseong-gun, Jeollanam-do	2
Seongnam-si, Gyeonggi-do	1	Gimje-si, Jeollabuk-do	2
Uiwang-si, Gyeonggi-do	1	Hampyeong-gun, Jeollanam-do	2
Yongin-si, Gyeonggi-do	1	Sunchang-gun, Jeollabuk-do	1
Yangyang-gun, Gangwon-do	3	Yeonggwang-gun, Jeollanam-do	2
Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do	2	Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do	4
Danyang-gun, Chungcheongbuk-do	2	Seongju-gun, Gyeongsangbuk-do	1
Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do	1	Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do	6
Goesan-gun, Chungcheongbuk-do	2	Goryeong-gun, Gyeongsangbuk-do	1
Okcheon-gun, Chungcheongbuk-do	2	Cheongdo-gun, Gyeongsangbuk-do	2
Hongseong-gun, Chungcheongnam-do	2	Yecheon-gun, Gyeongsangbuk-do	2
Gongju-si, Chungcheongnam-do	3	Chilgok-gun, Gyeongsangbuk-do	3
Seocheon-gun, Chungcheongnam-do	2	Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do	2
Nonsan-si, Chungcheongnam-do	2	Gunwi-gun, Gyeongsangbuk-do	3
Cheongyang-gun, Chungcheongnam-do	2	Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do	2
Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do	2	Yangsan-si, Gyeongsangnam-do	3
Taeon-gun, Chungcheongnam-do	2	Sacheon-si, Gyeongsangnam-do	2
Yesan-gun, Chungcheongnam-do	2	Hamyang-gun, Gyeongsangnam-do	1
Asan-si, Chungcheongnam-do	1	Haman-gun, Gyeongsangnam-do	3
Goyang-si, Gyeonggi-do	1	Goseong-gun, Gyeongsangnam-do	2
Hwacheon-gun, Gangwon-do	2	Gimhae-si, Gyeongsangnam-do	1
Muan-gun, Jeollanam-do	2	Uiryeong-gun, Gyeongsangnam-do	1
Damyang-gun, Jeollanam-do	4	Geochang-gun, Gyeongsangnam-do	1
Muju-gun, Jeollabuk-do	2		