



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위논문

압축도시 특성이  
도시기온에 미치는 영향에 관한 연구

2013년 8월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과

박 귀 원

## 국문초록

도시에서의 고온화 현상은 heat stress로 인한 질병·사망의 증가, 열대야 현상, 폭염과 집중호우 등을 발생시키며 도시민의 삶의 질을 위협하고 있다. 도시의 기후는 전 지구적인 기후변화의 영향을 받을 뿐 아니라, 도시열섬현상과 같은 도시만의 독특한 기후현상에 의해 형성된다. 도시기온은 도시의 물리적인 특성에 영향을 받는데, 인공적으로 배출되는 열과 지표면의 인공화에 따른 열의 복사나 흡수, 대기오염으로 인한 먼지돌 현상 등으로 인해 고온화 되는 경향을 보인다. 이와 같이 도시의 공간구조는 도시기온에 영향을 미친다.

압축도시 이론은 도시의 지속가능한 발전을 이루기 위한 도시공간구조 이론으로 제시된 개념이다. 아직까지 합의된 정의는 없으나 고밀·복합 개발을 통해 도시의 확산을 방지하고 녹지와 오픈스페이스를 확보하고, 대중교통을 활성화하여 도시 내 교통에너지 소비를 줄여 환경 부하를 감소시키는 것을 주 내용으로 한다. 이러한 압축도시 이론의 기대효과가 실재한다면 도시기온에도 영향을 미칠 것으로 보여 본 연구에서는 이를 규명하고자 하였다.

본 연구에서는 압축도시 이론의 특성이 되는 순밀도와 대지비율이 도시기온에 미치는 영향에 대하여 실증적으로 분석하였다. 우리나라 24개 중소도시를 대상으로, 1996년에서 2010년까지 15년 동안의 여름철 평균 최저기온과 연평균기온에 대해 순밀도와 대지비율, 인구규모와 제조업밀도를 설명변수로 하여 패널분석을 시행하였다. 또한 자연적 조건에 차이가 있는 내륙의 도시와 해안의 도시로 분류하여 분석하였다.

실증분석 결과, 순밀도가 증가하고 대지비율은 감소할수록, 즉, 도시의 압축도가 높을수록 도시기온을 저감시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 여름철 평균 최저기온 모형 분석결과, 순밀도가 1명/1,000km<sup>2</sup> 증가할 때, 기온은 0.057℃ 하락하였고, 대지비율이 1% 증가할 때, 기온은 0.05℃ 상승하였다. 연평균기온 모형 분석결과, 순밀도가 1명/1,000km<sup>2</sup> 증가할 때, 연평균기온은 0.04℃ 감소하였다. 이러한 결과는 압축도시의 특

성이 도시기온 상승을 완화시키는 효과가 있음을 나타낸다. 또한 자연적인 요소의 영향을 더 크게 받는 해안지역의 경우 내륙에 비해 도시 특성의 영향력이 작은 것으로 나타났다. 내륙도시모형은 전체도시 모형과 해안도시모형에 비해 순밀도가 기온에 미치는 영향이 큰 것으로 나타나 자연조건이 통제되었을 때의 효과를 볼 수 있었다.

실증분석을 통해 압축적인 도시형태가 도시기온의 저감에 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 이러한 결과는 분석대상지의 특성상 이미 과밀화된 대도시에는 적용하기 어려우나 앞으로 개발이 진행될 중소도시, 신도시의 경우 향후 도시 압축정도를 계획함에 있어 시사점을 제공할 것으로 생각된다.

◆ 주요어 : 도시기온, 도시고온화, 열섬현상, 여름철 최저기온, 압축도시, 압축도, 패널분석

◆ 학 번 : 2011-22315

## <목차>

<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 배경 및 목적 .....	1
2. 연구의 범위 및 방법 .....	3
3. 연구흐름도 .....	4
<b>II. 이론적 배경과 선행 연구의 고찰</b> .....	<b>5</b>
1. 도시기온 .....	5
1) 기온이 도시에 미치는 영향 .....	5
2) 도시기온에 영향을 미치는 요소 .....	7
3) 도시기온에 관한 선행연구 .....	8
2. 압축도시 이론과 그 특성 .....	11
1) 압축도시 이론 .....	11
2) 압축도시에 관한 선행연구 .....	13
3. 압축도시 특성과 도시기온의 관계 .....	14
<b>III. 실증분석을 위한 자료 및 모형 설정</b> .....	<b>16</b>
1. 실증분석을 위한 변수의 설정 .....	16
1) 종속변수 .....	16
2) 독립변수 .....	16
3) 통제변수 .....	18

4) 전체 변수와 변수의 단위 설정 .....	19
2. 실증분석 대상지 .....	20
1) 실증분석 대상지 선정 .....	20
2) 실증분석 대상지 현황 .....	21
3) 실증분석 대상지 기온변화 추세 .....	22
3. 실증분석 모형 설정 .....	25
1) 패널분석 모형 .....	25
2) 패널분석을 위한 데이터 검정 .....	27

#### **IV. 도시기온에 대한 압축도의 영향에 관한 실증분석 ..... 29**

1. 기초통계분석 .....	29
1) 패널데이터에 대한 기술통계 분석 .....	29
2. 도시기온에 대한 실증분석 .....	30
1) 여름철 평균 최저기온 모형 .....	30
2) 연평균기온 모형 .....	31
3) 내륙도시와 해안도시 간 분석결과 비교 .....	32
3. 소결 .....	35

#### **V. 결론 ..... 36**

1. 연구의 요약 및 의의 .....	36
2. 연구의 한계 및 향후과제 .....	38

■ 참고문헌 .....	39
--------------	----

<부록 1> 기온 관측지점 위치 ..... 41  
<부록 2> 내륙도시모형과 해안도시모형의 데이터검정 결과 ..... 42

## <표 차례>

<표 1> 기후가 도시지역에 미치는 영향 .....	6
<표 2> 도시기온에 영향을 미치는 요인 .....	8
<표 3> 기상요소와 도시기후의 변화 .....	9
<표 4> 압축도시 특성요소에 대한 국내외 연구 .....	12
<표 5> 압축도시의 장단점 .....	13
<표 6> 압축도시 특성요소와 도시기온과의 관계 .....	14
<표 7> 실증분석을 위한 종속변수 .....	16
<표 8> 실증분석을 위한 독립변수 .....	17
<표 9> 실증분석을 위한 통제변수 .....	18
<표 10> 실증분석을 위한 최종 변수 설정 .....	19
<표 11> 실증분석 대상 도시 .....	20
<표 12> 실증분석 대상지 현황 (2010년 기준) .....	21
<표 13> 실증분석 대상지의 인구규모 .....	21
<표 14> 인구규모별 대상지 분류 .....	22
<표 15> 여름철 평균 최저기온 모형 검정과정 및 결과 .....	27
<표 16> 연평균기온 모형 검정과정 및 결과 .....	28
<표 17> 패널데이터에 대한 기술통계 결과 .....	29
<표 18> 여름철 평균 최저기온 모형 분석 결과 .....	30
<표 19> 연평균기온 모형 분석 결과 .....	31
<표 20> 내륙도시와 해안도시 .....	32
<표 21> 내륙도시모형에 대한 기술통계 결과 .....	32



<표 22> 해안도시모형에 대한 기술통계 결과 .....	33
<표 23> 내륙도시모형 분석 결과 (종속변수: 여름철 평균 최저기온) ·	33
<표 24> 해안도시모형 분석 결과 (종속변수: 여름철 평균 최저기온) ·	34

## <그림 차례>

<그림 1> 연구흐름도 .....	4
<그림 2> 압축도 .....	16
<그림 3> 대상 도시의 위치 .....	19
<그림 4> 대상지 인구규모 (2010년 기준) .....	20
<그림 5> 전체 대상지의 여름철 평균 최저기온의 상승추세 .....	23
<그림 6> 전체 대상지의 연평균기온의 상승추세 .....	23
<그림 7> 대상지별 여름철 평균 최저기온 추세 .....	24
<그림 8> 대상지별 연평균기온 추세 .....	24
<그림 9> 내륙도시와 해안도시 구분 .....	32

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

기후변화는 21세기에 인류가 대면하고 있는 가장 중요한 문제 중 하나로 여겨지고 있으며, 환경문제를 넘어 정치·경제·사회의 영역에도 영향을 미치는 이슈로 국제적으로 이와 관련해 수많은 연구와 논의가 이루어지고 있다.

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 보고에 의하면 전 지구의 기온은 최근 50년(1956~2005)동안 지난 100년의 두 배에 달하는 상승경향을 보였으며, 상승경향은 앞으로 더욱 커질 것으로 예측되고 있다(2007). 지구온난화의 원인에는 화석연료의 사용으로 인한 이산화탄소와 각종 산업활동으로 인해 배출되는 메탄, 아산화질소 등 소위 온실가스들이 대기 중에 잔류하여 발생하는 온실효과가 있다. 온실가스는 주로 인간의 활동으로 인해 발생하는 것으로 18세기 이후 급격한 산업화로 온실가스 배출이 현저히 증가하여 지구온난화를 가속화하고 있다.

기후변화현상은 도시에서 더욱 크게 나타난다. IPCC의 보고에 의하면 도시의 기온상승 효과는 지구온난화에 의한 것보다 0.1~0.2℃가량 큰 것으로 나타났다(2001). 또한 도시지역의 기온은 주변 농촌지역보다 연평균 0.5~0.8℃가량 높은 것으로 보고되었다(Landsberg, 1981). 이러한 도시고온화는 지구온난화와 더불어 도시열섬현상(Urban Heat Island Effect)에 의해 나타난다. 도시열섬현상은 도시의 내부가 주변의 비도시 지역에 비해 높은 기온을 나타내는 것으로, 이는 인간활동에 의한 도시피복의 인공화·인공열 배출·대기오염 등에 의해 발생한다.

도시고온화는 인간활동으로부터 발생하여 다시 도시민의 삶에 영향을 미친다. 최근 한국환경정책·평가연구원에서는 기온이 1℃ 상승할 때

마다 폭염으로 인한 사망률이 12.75%씩 증가하여, 2020년에는 우리나라에서 폭염으로 인한 사망자수가 1,700명이 넘을 것이라는 연구결과가 발표되어 기후변화의 위험성을 경고했다. 도시고온화는 폭염뿐 아니라 열대야, 집중호우 등과 같은 이상현상을 일으키고 대기오염을 심화시키며 자연생태계에 교란을 가져오기도 한다. 여름철 에너지소비량 증가로 인한 정전사태도 이와 무관하지 않다. 이처럼 도시고온화는 인간의 건강에 악영향을 미치며 도시민의 삶의 질을 위협하는 심각한 도시문제이다.

전 지구적인 온난화 현상의 가장 중요한 원인으로 지목되고 있는 온실가스의 배출은 70%이상이 도시에서 발생하는 것으로 알려져 있으며, 도시열섬현상은 도시에서 일어나는 인간 활동에 의한 것이다. 도시고온화 현상은 도시에 많은 피해를 일으키고 있으나 그 원인 또한 도시에서 찾아볼 수 있다. 따라서 도시고온화 현상의 원인을 규명하고 대책을 찾는 것이 시급하다.

현재 친환경적 도시에 대해 많은 논의가 이루어지고 있다. 생태도시, 어반빌리지, 뉴어바니즘, 압축도시 등 환경친화적 도시를 표방한 계획기조들이 제안되고, 검증되고 있다. 이 중 압축도시는 도시의 고밀·복합적 개발을 통해 녹지와 오픈스페이스를 확보하고 도시의 확장을 방지하고자 제안된 계획개념이다. 이를 통해 에너지를 효율적으로 사용하고, 교통에너지 사용을 감소시켜 환경부하를 감소시키고자 하는 목적을 가진다(Breheny, 1997). 압축도시의 실효성에 대해서는 아직 명확하게 검증이 되지 않았으며 학자들 사이에 많은 논의가 이루어지고 있다.

세계의 도시들을 대상으로 한 연구에서 밀도가 높은 도시일수록 교통에너지소비량이 줄어든다는 것을 밝힌 후, 많은 연구자들이 압축도시의 에너지 효율성에 대해 증명하고자 하였다(Newman and Kenworthy, 1999). 국내에서도 안건혁(2000)이 국내 중소도시들을 대상으로 밀도와 교통에너지가 U자형 상관관계가 있음을 밝힌 후 압축도시의 효과에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 이후의 여러 연구에서 밀도가 교통에너지 소비를 저감시키는 효과가 있음을 밝혔다.

압축을 통해 녹지와 오픈스페이스를 확보하고, 교통에너지소비량이 적어진다면 기온 상승의 원인이 되는 인공적 토지피복과 인공열의 발생이 줄어들게 된다. 그러므로 압축도시의 기대효과가 실재한다면 기온상승을 완화하는 효과가 있을 것이라 기대할 수 있다. 현재까지 압축도시와 에너지소비량, 탄소배출량과의 연구는 진행되어 왔으나 기온과의 관계를 분석한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 실증적 분석을 통해 압축도시의 특성이 도시기온에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 전국의 시군 중 기온 관측지점이 있는 곳 중에서 선별된 24개 도시를 대상으로 하였다. 대상지의 여름철 평균 최저기온과 연평균 기온에 대해 압축도시 특성변수인 순밀도, 대지비율의 영향관계를 분석하였으며, 1996년에서부터 2010년까지 15년간의 자료를 사용하였다. STATA 11.0을 활용하여 패널모형으로 분석하였다.

본 연구에서는 먼저 도시기온에 영향을 미치는 요소들과 압축도시의 특성에 관한 이론적 배경과 선행연구를 통해 상호 간의 관계를 고찰하였다.

둘째, 실증분석모형을 설정하기 위해 압축도시 특성변수를 선정하고 통제변수를 선정하였다. 다음으로 대상이 될 도시의 현황을 파악하고 실증분석을 위한 패널데이터의 검정을 실시하여 분석모형을 구축하였다.

셋째, 패널분석을 통해 주요 설명변수인 압축도시 특성변수와 통제변수의 여름철 평균 최저기온과 연평균기온 사이의 관계를 파악하였다. 또한 해안에 위치한 도시와 내륙에 위치한 도시를 분류하여 분석하여 차이를 분석하였다.

### 3. 연구흐름도

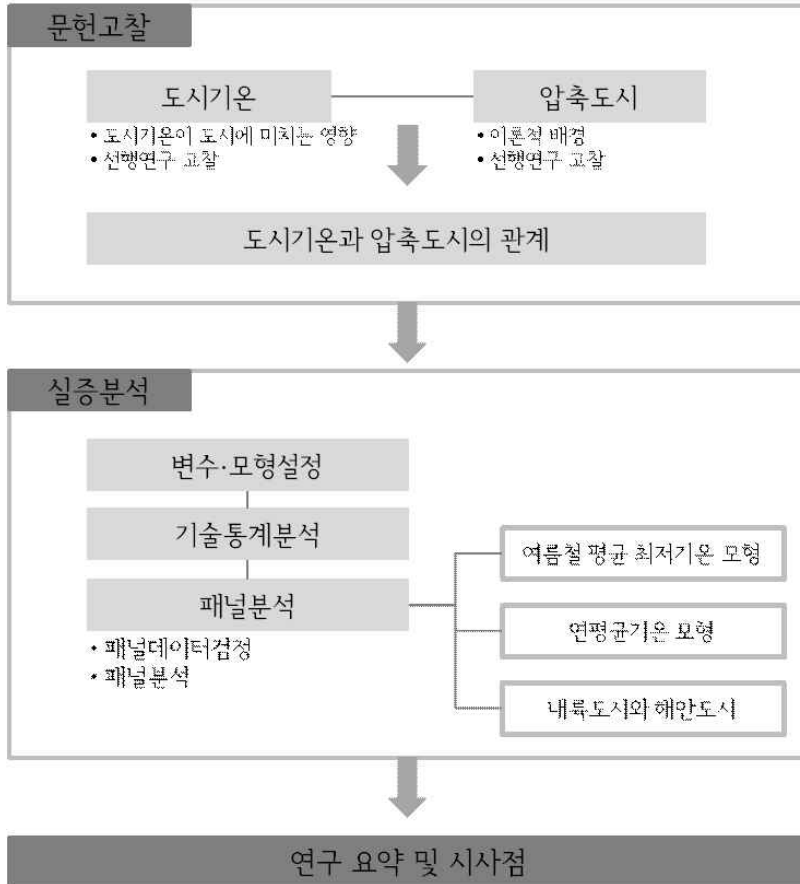


그림 1 연구흐름도

## Ⅱ. 이론적 배경과 선행연구의 고찰

### 1. 도시기온

#### 1) 기온이 도시에 미치는 영향

도시기온은 도시의 특성에 영향을 받아 변화하지만 도시기온은 도시에 많은 영향을 미치는 요인이 되기도 한다. 도시고온화는 폭염, 열대야와 같은 이상기후현상을 일으키며 인간의 건강에 직간접적으로 영향을 미친다. 극단적인 사례로, 1966년 뉴욕에서는 폭염기간동안 사망률이 두 배 이상 증가하였으며 1995년 런던에서는 폭염에 의해 사망률이 16% 증가한 것으로 보고되었다(Kalkstein LS, 1994). 미국에서는 추위에 의한 사망에 비해 더위로 인한 사망자 수가 두 배 이상 높다는 보고가 있어 기온상승의 부정적 효과를 알 수 있다(US EPA 2002a).

도시환경 저하의 주원인인 대기오염은 도시열섬현상의 원인이 되기도 하지만 열섬현상이 대기오염을 심화키는 원인이 되기도 한다. 열섬이 형성되면 도시외부의 차고 신선한 공기와의 대류가 차단되어 대기오염물질이 확산되지 못하고 갇히게 된다(Song, 2005). 또한 스모그와 안개를 발생시키는 원인이 되며 도시생태계에 영향을 미치기도 한다.

특히 기후변화에 의해 일어나는 현상들은 노약자, 농어민, 노동자, 빈곤층 등 소위 취약계층에게는 더욱 치명적이기 때문에 정부차원에서 이에 대비할 필요가 있다. 유엔기후변화협약(UNFCCC) 회의에서 발표된 보고서 ‘기후변화시대 빈곤층 줄이기’에서는 생활수준이 기후변화에 대한 적응력을 결정하며, 기후변화로 인해 세계적으로 빈부격차가 심해지고 있음을 밝혔다. 기후문제는 사회적으로도 심각한 문제를 가져올 수 있다.

이 뿐 아니라 도시의 기온 상승은 에너지사용량을 증가시키는 원인이 된다. 여름철 기온상승은 냉방에너지소비량을 증가시켜 전력난을 발

생시키기도 하며 화석에너지 소비로 인해 온실가스의 배출을 증가시키는 악순환을 만든다. 이러한 악영향들로 인해 도시고온화는 인간의 건강과 도시민의 삶의 질을 위협하는 심각한 도시문제로 인식되고 있다.

표 1은 기후의 변화가 도시지역에 미칠 수 있는 영향을 정리한 것이다.

표 1. 기후가 도시지역에 미치는 영향

변화		도시지역에 미치는 영향
평균의 변화	기온	- 냉난방 에너지 수요 증가 - 대기질의 악화 - 열섬현상에 의해 극대화
	강수량	- 홍수 증가 - 산사태 증가 - 농민의 이주 증가 - 식량 공급망에 차질
	해수면 상승	- 해안 범람 - 농작, 관광 수익 감소 - 수원의 염수화
극치의 변화	폭우, 열대저기압	- 극심한 홍수 현상 - 산사태 위험성 증가 - 생계와 도시경제에 혼란 야기 - 주거와 산업에 피해
	가뭄	- 물부족 - 식품가격 상승 - 수력전기 생산 차질 - 농민 이주 증가
	폭염, 한파	- 냉난방 에너지 수요의 단기적 증가
	급격한 기후변화	- 빠르고 극심한 해수면 상승 - 빠르고 극심한 기온 변화
노출의 변화	인구이동	- 압박받는 농촌에서의 인구이동
	생태변화	- 전염병 매개체의 서식지 증가

\*Willbanks *et al*(2007)에서 다시 정리



## 2) 도시기온에 영향을 미치는 요인

WHO는 도시기후를 ‘도시의 물리적인 구조물과 그에 의해 파생되는 폐열 및 대기오염물질의 상호작용에 의해 변형된 기후’라고 정의하였다. 이렇듯 도시의 기후는 인공적인 요인에 의하여 많은 영향을 받는다.

도시기온에 영향을 미치는 요소는 태양의 열을 반사시키지 않고 흡수하여 열을 저장해 고온화를 일으키는 요소, 인공적으로 열을 발생시키는 요소, 온실효과와 그와 유사한 현상을 일으키는 먼지등을 발생시키는 대기오염 요소, 그리고 바람길을 형성하고 일사량의 차이를 일으키는 건물과 녹지의 배치 같은 도시형태 요소 등으로 정리할 수 있다. 이러한 요소들은 큰 규모에서는 지구온난화를, 국지적으로는 열섬현상을 일으키는 요소들이다.

도시열섬현상(Urban Heat Island Effect)이란, 도시 내 특정 지역이 주위의 비도시지역에 비해 높은 기온을 나타내는 현상을 말하는데, 이는 L. Howard(1833)에 의해 최초로 연구되었다. 그는 영국 런던 도심의 기온이 주변부에 비해 높게 나타나는 것을 발견하고, 도시 고온부의 등온선이 바다에 있는 섬의 등고선과 유사한 형태를 보이는 것에 착안해 ‘섬’이라 명명하였다.

도시열섬현상을 일으키는 요인들은 지구온난화를 초래하는 요인들과 중첩되어 도시의 고온화를 일으킨다. 농촌진흥청(2007)에서 분석한 바에 의하면 지난 34년간 우리나라에서 인구 20만 명 이상의 도시지역은 평균 1.23℃가 상승해 0.81℃가 상승한 농촌지역에 비해 높은 기온 상승치를 보여 도시가 고온화 되고 있음을 보였다.

표 2는 도시기온에 대한 영향요인을 정리한 것이다.

표 2. 도시기온에 영향을 미치는 요인

요인		설명
자연적 요인	기상, 지형, 임상	바람, 강수, 고도, 식생분포 등
인공적 요인	피복 (Surface)	지표면 포장, 건물의 소재에 따른 태양열의 복사·흡수
	인공 배열 (Heat emission)	건축물의 냉난방, 교통에너지, 산업에너지, 인구활동에 의한 열 발생
	대기오염 (Air Quality)	먼지돔 형성, 온실가스
	도시 형태 (Urban Structure)	고층건물에 의한 일사량 차이, 대규모 녹지·수면에 의한 냉각, 바람길 형성

\* 차영화 외(2009)의 연구 다시 정리.

### 3) 도시기온에 관한 선행연구

도시기후에 관한 연구는 1980년대 이후부터 지금까지 매우 활발히 진행되고 있다. 표 3은 Landsberg가 미국에서 연구된 것을 토대로 기상 요소별 도시기후와 농촌지역 기후의 차이를 비교하여 나타낸 것이다. 주변 농촌지역과 비교하였을 때 도시지역의 기온이 0.5~0.8℃가량 높았으며, 구름의 양과 강수량도 많았다. 반면, 연평균 풍속과 최대풍속은 감소한 것으로 나타났다.

도시화에 따른 기상요소 변화 중 온도의 변화가 가장 뚜렷하게 나타났으며, 그에 대한 많은 선행연구가 있다. 강용균과 노재식(1985)은 1954년부터 1983년까지 30년간 한반도 14개 기상대의 기온증가율을 산출하여 서울이 가장 증가율이 높다고 하였다. 조하만 등(1988)은 75년간(1911~1985년) 서울 기온자료를 분석하여 기온증가 경향과 도시의 성장률 사이에 밀접한 관련성이 있고, 서울근교와 서울도심사이의 기온 차이가 뚜렷한 것을 밝혔다. 류상범 등(1993)은 지난 40년간의 기온자료의

표 3. 기상요소와 도시기후의 변화

기상요소	변수		농촌지역과의 차이
복사	수평면 일사량		-0~20%
	자외선	겨울	-30%
		여름	-5%
기온	연평균		+0.5~0.8℃
구름	운량		+0.5~10%
	안개	겨울	+100%
		여름	+30%
강수	강수량	평균	+5~10%
		5mm미만 일수	+10일
	강설	도심	-5~10%
		풍하지역	±10%
상대습도	연평균		-5%
	겨울평균		-2%
	여름평균		-8%
풍속	연평균		-20~30%
	최대풍속		-10~20%
	정은		+5~20%

\* 출처: Landsberg, 1981

분석을 통해 기온 상승경향이 대도시보다 신흥 공업도시가 크고, 해안보다는 내륙에서 크게 나타나며 도시의 규모, 지리적인 위치, 도시의 발달 형태 등에 의존도가 크다는 것을 심층적으로 분석하였다.

도시열섬에 관한 안지숙 외(2012)의 연구에서는 도시의 토지피복상태에 따른 도시열섬포텐셜을 측정하여 공업지역, 주거지역과 상업지역은 열섬을 유발할 가능성이 높은 것을 밝혀냈다. 또한 여름철에는 공단지역의 지표면 온도가 가장 높게 나타남을 밝혔다.

도시고온화 현상은 도시 내 지역적 특성에 따라 다른 분포형태를 보이고 특히 도심지라 하더라도 숲이나 녹지가 발달한 지역은 다른 지역보다 기온이 낮고 바람이 약하며 구름이 없을 때 기온의 편차가 심한 것으로 분석되었다. 이는 서울시의 경우 도심 내부에서의 기온분포가 창덕

궁·창경궁·중묘 등 녹지가 많은 지역이 다른 지역에 비해 상대적으로 기온이 낮게 나타나는 것과 동일한 결과이다(권영아 외, 2003).

부경은 등(2000)은 서울시내 24개의 AWS에서 관측된 기온을 대상으로 과거 10년 전과 달라진 서울의 국지적 기온분포를 분석하였다. 그 결과, 청량리 및 강남 일대의 도심에서의 고온역은 과거 10년 전과 동일하게 나타났으나, 영등포나 양천구 지역에서 또한 고온역이 새로이 형성되었음을 확인하였다. 그 원인은 도심의 고층건물의 증가와 도로피복상태의 문제, 즉 토양이나 콘크리트보다도 아스팔트인 경우 지표면온도가 상대적으로 더 방출되기 때문이라 설명하였다.

도시의 기온분포는 동일한 기상상태 하에서도 지형, 토지이용, 시가지의 공간적 구조와 형태, 도시구조물의 열적 특성과 같은 물리적인 인자와 도시의 기능에 따른 인공열의 방출 등에 따라 달라진다(권영아, 2000). 도시환경 특성요인 중 녹지에 대한 연구가 주로 이루어졌으며 녹지와 더불어 토지이용에 대한 도시기온 상승효과를 분석하는 연구사례도 많았다.

도시환경 특성요인의 분석결과에 따르면 토지이용의 도시기온 상승효과는 주거지 면적, 상업지 면적, 공업지 면적, 교통시설지 면적 등의 열원을 포함하고 있는 토지이용으로 인해 영향을 받는다. 반면 도시기온 저감효과에 기인하는 토지이용은 녹지면적, 나지, 하천 및 호수, 산림 및 초지 면적으로 나타났다. 특히, 녹지면적은 비 녹지지역보다 약 6~8℃ 낮은 것으로 조사되었으며(이은엽 등, 1996), 공원녹지의 크기와 기온저감 현상은 비례관계에 있는 것으로 분석되었다(윤용한 외, 2002). 한편, 도로피복상태에 따라 불투수면적이 증가할수록 기온이 상승하는 것으로 알려져 있다.

차영화 등(2009)은 기온변화에 영향을 미치는 물리적 도시환경 특성을 도출하여 회귀모형을 통해 영향인자를 분석하였다. 이를 위해 서울시의 26개 AWS의 2004~2006년 시간별 온도자료를 사용하여 도시의 지형,

토지피복, 토지이용, 인공열배출원이 도시기후에 미치는 영향을 분석하여 녹지면적과 주거지면적, 교통시설지면적, 상업지면적이 가장 큰 영향인자임을 밝혔다. 이 중 교통시설지 면적의 증가는 대기온도를 증가시키고 녹지·오픈스페이스 면적의 증가는 대기온도를 저감시키는 효과가 있는 것으로 분석되었다. 대기온도는 토지이용형태 중 녹지의 영향을 가장 크게 받는 것으로 나타났다.

조현길·안태원(2009)은 서울의 여름철 평균기온이 녹지면적과 식생체적이 커질수록 기온은 낮아지고, 건물체적과 포장로면적, 인구밀도가 커질수록 기온이 상승함을 밝혔다. 이정원·김학열(2008)은 인구규모가 큰 도시일수록 연평균기온이 큰 상승폭을 보임을 밝혀 대기기온이 인구규모에 따른 도시화에 영향을 받음을 보였다.

이승호 외(2011)의 한국의 도시화와 극한기온에 관한 연구에서는 도시에서 최고기온보다 최저기온의 상승 경향이 더 뚜렷한 것을 확인하여, 최저기온이 도시화의 영향을 더 크게 받는다는 기존의 연구를 확인하였다(Hua *et al.*,2008; Li *et al.*,2010).

대부분의 선행연구에서 도시의 국지적인 기온변화가 도시의 공간적 특성에 의해 설명이 가능하다는 것을 나타내었으나 주로 토양피복 및 토지이용 측면에서 분석하였다.

## 2. 압축도시 이론과 그 특성

### 1) 압축도시 이론

20세기 후반, 급속한 산업화로 인해 야기된 환경문제에 대한 심각성이 대두되고 세계적인 관심을 얻으면서 환경친화적인 도시구조에 대한 논의들이 이루어지기 시작했다. 특히 1992년 리우회의에서 ‘지속가능한 발전’ 개념이 처음 정의되고 알려지면서 지속가능한 도시에 대한 연구가

여러 분야에서 활발히 이루어지기 시작하여 지금까지도 이어져오고 있다. 압축도시 이론은 이러한 맥락에서 제시된 도시공간구조 개념 중 하나이다.

압축도시 이론은 아직까지 합의된 정의가 없어 학자마다 다소 다른 함의로 사용되고 있으나(이희연 외, 2006) 주된 내용은 다음과 같다. 복합적인 토지이용과 고층·고밀화를 통해 도시확산을 방지하고, 녹지와 오픈스페이스를 확보한다. 이를 통해 자동차 이용 및 통행거리를 감소시키고, 보행공간을 확보하고 대중교통을 장려하여 에너지 소비를 저감시켜 환경오염을 완화시킨다(Breheny, M., 1997). 표 4는 압축도시 특성요소에 대한 국내외의 연구 중 일부를 정리한 것이다.

표 4. 압축도시 특성요소에 대한 국내외 연구

	연구자	압축도시 특성요소
국 외	L.Thomas, W.Cousins(1996)	공간·토지이용의 고도화, 집중된 활동, 높은 밀도
	P.Marcitullio(2001)	도심 고밀화, 혼합적 토지 이용, 대중교통 활성화
	E.Burton(2001)	밀도, 혼합용도, 도시의 강화
	P.Newman(2005)	고밀도, 혼합용도, 상호작용, 정부 재정능력
국 내	권성실(2005)	인구규모, 도시총면적, 적정밀도, 대중교통연계, 자전거 및 보행로, 오픈스페이스 조성
	진영환(2006)	토지이용 및 건물의 복합화, 대중교통 장려, 고층 고밀화를 통한 충분한 녹지확보, 보행자 공간 확보, 자연·경관 보호, 에너지 절약적 소재이용 등
	이경환, 김승남(2008)	인구밀도, 혼합적 토지이용, 대중교통시설의 접근성, 녹지의 접근성, 도시공간구조(분산정도)

압축도시 이론의 효과에 대해서는 아직 논란이 끝나지 않은 상태이다. 학자마다 찬반양론으로 갈려 다양한 주장들을 펼치고 있으나 실증적인 검증은 미진한 상황이다. 압축도시의 효과에 대하여 긍정적인 입장과

부정적인 입장의 여러 연구가 발표되어 왔는데 그 주장들은 각각 매우 상이한 결과를 말하고 있다. 다음의 표 5는 압축도시의 효과에 대해 제기되고 있는 장단점을 정리한 것이다.

표 5. 압축도시의 장단점

장점	단점
□ 효율적인 토지이용	□ 과도한 집중으로 교통체증 유발
□ 교통에너지 소비 감소	□ 에너지 비효율
□ 녹지와 오픈스페이스 확보	□ 쾌적성 상실
□ 도시의 확산 방지	□ 개인 사생활 침해
□ 사회적 형평성 제공	□ 지가상승으로 오히려 형평성 저해
□ 환경부하 저감	□ 환경오염 증대

\*Frey, Hildebrand(1999), 송기욱(2009)의 내용을 정리하였다.

이처럼 압축도시에 대한 입장이 대립하고 있는 상황에서 그 효과를 실증적으로 검증하려는 시도는 계속되고 있다. 특히 도시의 압축적 개발로 교통에너지 효율을 달성할 수 있는가에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다.

## 2) 압축도시에 관한 선행연구

많은 연구자들이 압축도시의 실효성을 검증하고자 교통에너지소비량과의 관계를 분석하였다.

안건혁(2000)은 국내의 중소도시 22개를 대상으로 1인당 교통에너지 소비량과 도시의 총밀도 및 순밀도를 분석하여, 밀도가 높을수록 교통에너지가 감소하다가 어느 정도 이상이 되면 다시 증가하는 U자형 관계가 있음을 밝혀냈다. 이에 이어 남창우 외(2005)의 연구에서는 국내의 중소도시에서 교통에너지소비량과 밀도가 우하향 곡선의 관계를 가져 밀도가 증가할수록 교통에너지가 감소한다는 연구결과를 발표하였다.

김승남 외(2009)는 압축도시의 특성 변수로 밀도와 도시형태, 도시교

통기반시설의 여러 가지 항목들과 교통에너지, 대기오염의 관계를 분석하였다. 분석결과, 밀도와 교통에너지 소비는 부(-)의 관계를 보인 반면, 대기오염은 정(+)의 관계를 보이는 것으로 나타났다. 또한 국내 중소도시를 유형화하여 비교분석하였을 때, 압축형 도시 유형이 그렇지 않은 유형에 비해 에너지소비량이 적은 것으로 나타났다.

선행된 연구들을 종합해보면, 도시기온은 토지이용, 특히 녹지에 많은 영향을 받으며 교통에너지소비량과도 밀접한 관계를 가진다. 압축도시의 대표적인 변수는 밀도인데, 어느 정도까지는 밀도가 증가할수록 교통에너지는 감소하는 경향을 보인다. 이러한 연구결과들을 봤을 때 압축도시 특성이 도시기온에 영향을 미칠 것이라 생각할 수 있다. 그러나 압축도시와 기온의 관계를 직접 분석한 연구는 없어 본 연구에서 이를 살펴보고자 한다.

### 3. 압축도시 특성과 도시기온의 관계

압축도시의 특성에는 도시기온에 영향을 미치는 요인들이 포함되어 있다. 앞서 살펴본 이론적 배경을 바탕으로 압축도시 특성 및 기대효과와 도시기온의 예상되는 관계를 정리하였다.

표 6. 압축도시 특성요소와 도시기온의 관계

도시기온과의 관계	압축도시 특성 요소와 기대효과
(+) 관계 : 기온 상승	<input type="checkbox"/> 과도한 집중으로 교통체증 유발 <input type="checkbox"/> 에너지 비효율 <input type="checkbox"/> 대기오염 증대
(-) 관계 : 기온 상승 완화	<input type="checkbox"/> 대중교통 장려 및 교통에너지 소비 감소 <input type="checkbox"/> 에너지 효율 <input type="checkbox"/> 도시확장 방지, 녹지 및 오픈스페이스 확보 <input type="checkbox"/> 환경부하 저감
불확실	<input type="checkbox"/> 고밀도 개발 <input type="checkbox"/> 토지의 혼합이용



압축도시의 특성요소와 기대효과 중 도시기온에 영향을 미치는 요소에는 토지이용형태와 관련한 부분, 에너지 소비와 인공열 발생, 대기오염 등이 있다.

토지의 피복상태는 도시기온에 영향을 미치는데, 불투수면적이 증가할수록 기온은 증가하고 녹지와 오픈스페이스가 증가할수록 기온이 떨어진다(차영화,2008). 도시를 압축적으로 개발하여 인공적 피복을 줄이고 녹지와 오픈스페이스를 확보한다면 도시기온을 저감시키는 효과가 있을 것으로 기대할 수 있다.

또한 선행연구에서 살펴본 바와 같이 압축도시 특성은 교통에너지소비량에 영향을 미치게 된다. 교통에서 발생하는 인공열, 오염물질 등은 도시기온을 상승시키는 원인이 되므로 만일 교통에너지 소비를 감소시키는 효과가 크다면 도시기온 상승을 완화시키는 효과가 있을 것이다. 반면 이와는 대립되는 주장에 따라 오히려 교통체증을 유발하고 교통에너지 소비를 줄이는 효과가 없다면 도시기온에도 긍정적인 영향을 미치지 못할 것이다. 압축에 의한 에너지 효율 또한 이와 마찬가지로 생각할 수 있다.

본 연구에서는 이와 같은 고찰을 바탕으로 압축도시 특성과 도시기온의 관계를 규명하고자 하였다. 압축도시의 기대효과가 기온에 영향을 미치는 지, 영향을 미친다면 그 영향이 긍정적인지를 실증적인 분석을 통해 살펴보았다.

### Ⅲ. 실증분석을 위한 자료 및 모형 설정

#### 1. 실증분석을 위한 변수 설정

##### 1) 종속변수

종속변수로 여름철 평균 최저기온과 연평균기온을 사용하였는데, 여름철 평균 최저기온을 종속변수로 사용한 이유는 도시화에 의한 기온상승효과가 최저기온에 가장 크게 나타나기 때문이다(오성남 외,2010). 또한 heat stress, 열대야 현상과 같은 도시고온화 피해가 여름철 최저기온의 상승에 의해 일어나기 때문에 중요한 변수로 분석될 필요가 있다.

표 7. 실증분석을 위한 종속변수

종속변수	변수 설명	단위	출처
여름철 평균 최저기온	여름철(6,7,8월) 일최저기온의 평균	℃	기상청
연평균기온	일평균기온의 연평균	℃	기상청

기온자료는 기상청에서 제공하는 일평균기온 자료와 일최저기온 자료이다. 연평균기온은 일평균기온을 연단위로 평균값을 구한 것이며, 여름철 평균최저기온은 일최저기온을 6월에서 8월까지 3개월의 평균값을 구하여 사용하였다.

##### 2) 독립변수

압축도시와 관련한 선행연구에서 살펴본 바 압축도시에 관하여 여러 가지 측정지표가 연구되고 있다. 그러나 도시공간구조를 하나의 지표로 합성하는 것에는 한계가 있으며, 합성하는 과정에서 연구자의 주관적 판

단이 개입될 우려가 있다(Coombes et al, 1994). 따라서 압축도시에 대한 대부분의 연구들에서 인구밀도를 가장 대표적인 변수로 사용하고 있다(조윤애, 2011).

본 연구에서는 압축도시의 지표로 순밀도와 대지비율을 사용하였다. 대지비율은 행정구역의 총면적 중 기개발된 지역의 비율로 녹지와 오픈스페이스의 반대개념으로 볼 수 있다. 이는 압축도시의 중요한 요소인 ‘압축개발로 인한 녹지·오픈스페이스의 확보’를 대변하는 변수이기도 하다.

$$\text{총밀도} = \text{순밀도} \times \text{대지비율}$$

$$\left( \text{순밀도} = \frac{\text{인구}}{\text{대지면적}}, \text{대지비율} = \frac{\text{대지면적}}{\text{총면적}} \right)$$

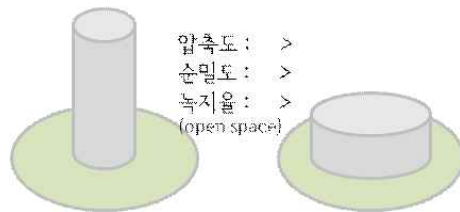


그림 2 압축도

가장 중요한 key변수는 순밀도라고 볼 수 있다. 순밀도는 개발된 지역 대비 총인구를 구한 값으로 순밀도가 높을수록, 대지비율은 작을수록 더욱 압축된 도시라고 볼 수 있다.

표 8은 분석에 사용된 변수를 정리한 것이다.

표 8. 실증분석을 위한 독립변수

독립변수	변수 설명	단위	출처
순밀도	인구 / 대지면적	명/1,000km <sup>2</sup>	통계청 국토해양부
대지 비율	대지면적 / 총면적*100	%	통계청 국토해양부

\*대지 및 총면적은 지목별 지적공부등록지 현황 자료 사용

순밀도와 대지비율을 구하기 위해 사용된 대지면적과 총면적 자료는 국토해양부 토지지목자료를 사용하였다.

### 3) 통제변수

도시기온에 대한 압축도시 특성 변수의 영향을 바르게 규명하기 위해 통제변수를 설정하였다. 도시기온에 영향을 미치면서도 압축도시 특성요소에서 통제되어야 할 변수로 인구규모와 제조업밀도를 선택하였다. 인구규모는 도시기온을 상승시키는 주요소이나, 본 연구에서는 ‘같은 규모의 도시일 때 순밀도가 높을수록, 대지비율이 낮을수록 압축된 도시’를 가정하고 있기 때문에 인구규모를 통제하였다. 공업지역은 지표면 온도가 높게 형성되며 제조업 활동은 도시기온을 상승시키는 요인이 되기 때문에 제조업밀도를 통제변수로 선정하였다.

표 9. 실증분석을 위한 통제변수

통제변수	변수 설명	단위	출처
인구규모	총인구수	십만명	통계청
제조업밀도	제조업 종사자 / 총면적	명/ 100,000km <sup>2</sup>	통계청 안전행정부

\*총면적은 지목별 지적공부등록지 현황 자료 사용

제조업 종사자의 수는 안전행정부에서 제공한 도시별 통계자료를 통계청 홈페이지에서 수득하였다.

#### 4) 전체 변수와 변수의 단위 설정

분석에 사용되는 변수들을 정리하면 표 10과 같다. 종속변수는 여름철 평균 최저기온과 연평균기온 두 가지로 각각 두 개의 모형이 될 것이며, 총 4개의 설명변수를 통해 종속변수를 분석한다.

기온값을 기준으로 하였으므로 도시기온 변수는 그대로 °C를 단위로 하였다. 순밀도는 1,000km<sup>2</sup> 당 1명, 즉, 명/1,000km<sup>2</sup>를 단위로 하며 제조업 밀도는 명/100,000km<sup>2</sup>를 단위로 한다. 대지비율은 총면적으로 대지면적을 나눈 것에 100을 곱하였으므로 %를 단위로 한다. 총인구수는 십만명 단위로 계산하였다.

표 10. 실증분석을 위한 최종 변수 설정

변수		변수 설명	단위	출처
종속변수	여름철 평균 최저기온	여름철(6,7,8월) 일최저기온 평균	°C	기상청
	연평균기온	일평균기온 평균	°C	기상청
독립변수	순밀도	인구 / 대지면적	명/1,000km <sup>2</sup>	통계청 국토해양부
	대지비율	대지면적 / 총면적*100	%	통계청 국토해양부
통제변수	인구	총인구수	십만명	통계청
	제조업밀도	제조업 종사자 / 총면적	명/ 100,000km <sup>2</sup>	통계청 안전행정부

## 2. 실증분석 대상지

### 1) 실증분석 대상지 선정

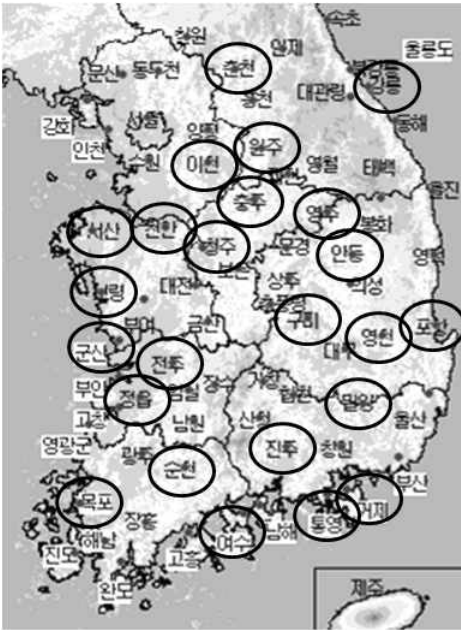


그림 3 대상 도시의 위치

분석의 대상으로 1996년부터 자료가 구축된 기상관측지점이 있는 전국의 53개 시군 중 인구수가 100만 이하, 10만 이상인 도시를 선택하였다.

100만 이상의 대도시 및 광역시는 대부분 다핵구조를 가지기 때문에 본 연구에서 가정하는 압축성을 논하기에 무리가 있으며, 10만 이하의 소도시는 압축성을 논할 만큼 도시의 개발이 이루어졌다고 볼 수 없어 제외하였다.

또한 도시화의 영향을 받는 것으로 볼 수 없는 해발고도 200m이상에 관측지점이 있는 곳을 제외하여 총 24개의 도시가 대상지로 선정되었다. 최종적으로 선정된 대상지는 표11과 같다.

표 11. 실증분석에 선정된 대상 도시

시도	시	총 수
경기도	이천시	1개
강원도	춘천시, 원주시, 강릉시	3개
충청도	청주시, 충주시, 천안시, 보령시, 서산시	5개
전라도	전주시, 군산시, 정읍시, 목포시, 여수시, 순천시	6개
경상도	포항시, 안동시, 구미시, 영주시, 영천시, 진주시, 통영시, 밀양시, 거제시	9개
전국	-	24개

## 2) 실증분석 대상지 현황

표 12. 실증분석 대상지 현황 (2010년 기준)

	최소	최대	평균
인구	103,190명	655,971명	277,590명
총면적	50,027,216km <sup>2</sup>	1,521,256,347km <sup>2</sup>	680,154,884km <sup>2</sup>
대지면적	8,596,322km <sup>2</sup>	31,585,905km <sup>2</sup>	18,869,208km <sup>2</sup>

표12는 실증분석 대상지의 현황을 정리한 것이다. 청주시는 인구가 약 66만 명으로 대상지 중 인구규모가 가장 큰 도시이며, 보령시는 인구

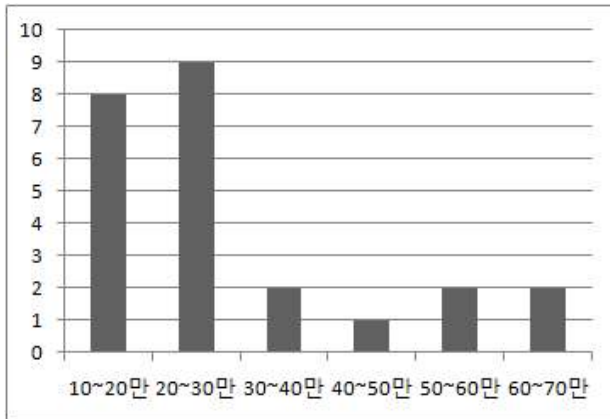


그림 4. 대상지 인구규모 (2010년기준)

약 10만 명으로 가장 작은 규모의 도시이다. 총면적은 안동이, 대지면적은 천안이 가장 큰 것으로 나타났고, 총면적이 가장 작은 도시는 목포, 대지면적이 가장 작은 도시는 통영이었다. 대상지 인구규모의 분포는 다음과 같다.

대상지의 인구규모는 10만에서 30만 사이에 주로 분포해있었다. 10만에서 20만 명 사이의 도시는 8개, 20만에서 30만 사이에는 9개 도시가 있는 반면, 30만에서 40만 명 구간, 50만~60만 명, 60만~ 70만 명 구간에는 각각 두 개 도시, 40만에서 50만 명 사이의 인구규모를 가지는 도시는 한 군데 뿐이었다. 각 도시의 인구규모는 표 14와 같다.

표 13. 실증분석 대상지의 인구규모

도시	인구(명)	도시	인구(명)
이천시	202,595	목포시	245,422
춘천시	269,950	여주시	293,488
원주시	314,678	순천시	272,620
강릉시	218,503	포항시	514,755
청주시	655,971	안동시	167,886
충주시	208,481	구미시	404,920
천안시	557,673	영주시	113,926
보령시	107,346	영천시	103,190
서산시	160,468	진주시	335,037
전주시	641,525	통영시	140,297
군산시	272,601	밀양시	110,479
정읍시	122,000	거제시	228,355

표 14. 인구규모별 대상지 분류

인구규모	도시	총 수
10만~20만	보령시, 서산시, 정읍시, 안동시, 영주시, 영천시, 통영시, 밀양시	8
20만~30만	이천시, 춘천시, 강릉시, 충주시, 군산시, 목포시, 여주시, 순천시, 거제시	9
30만~40만	원주시, 진주시	2
40만~50만	구미시	1
50만~60만	천안시, 포항시	2
60만~70만	청주시, 전주시,	2
총	-	24개

### 3) 실증분석 대상지 기온변화 추세

분석 대상지의 기온변화 추세를 전체 대상지의 기온변화 추세와 각 대상도시의 기온변화 추세를 통해 알아보았다. 여름철 평균 최저기온은 연평균기온보다 높은 증가율을 보이고 있었다.



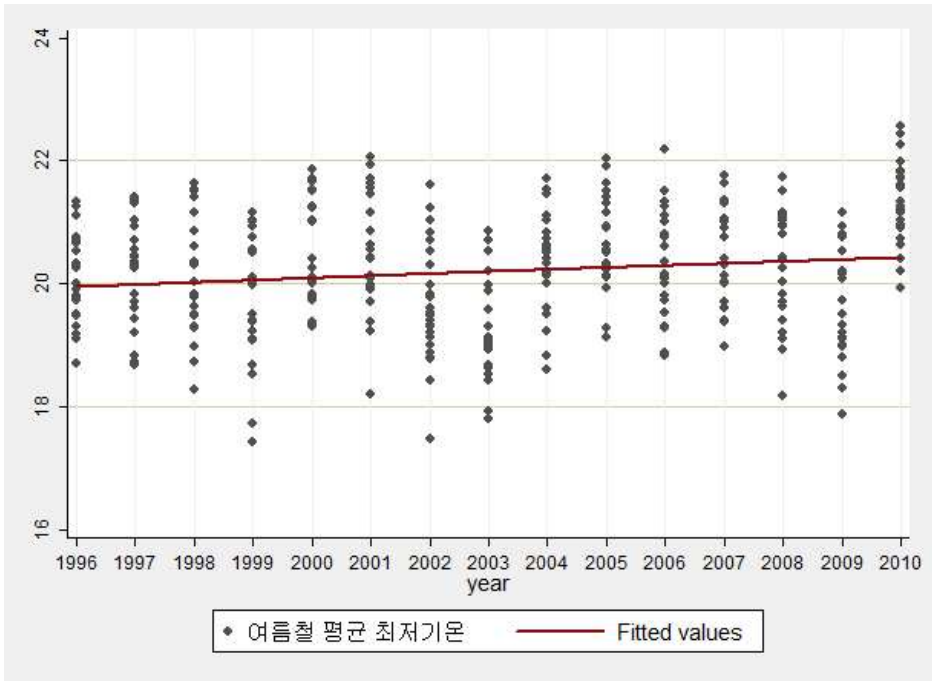


그림 5. 전체 대상지의 여름철 평균 최저기온의 상승추세

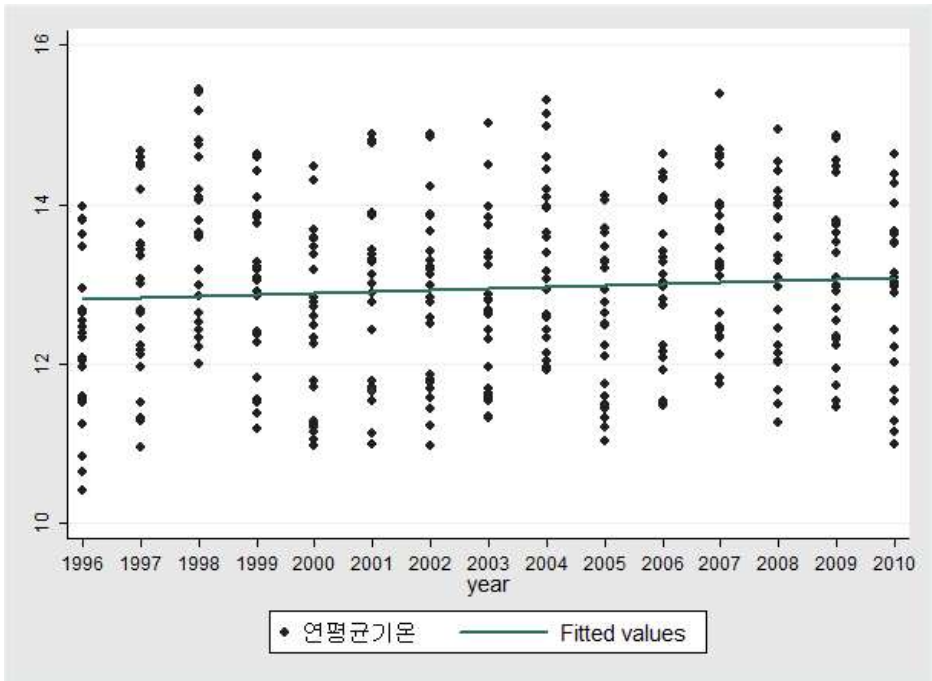


그림 6. 전체 대상지의 연평균기온의 상승추세

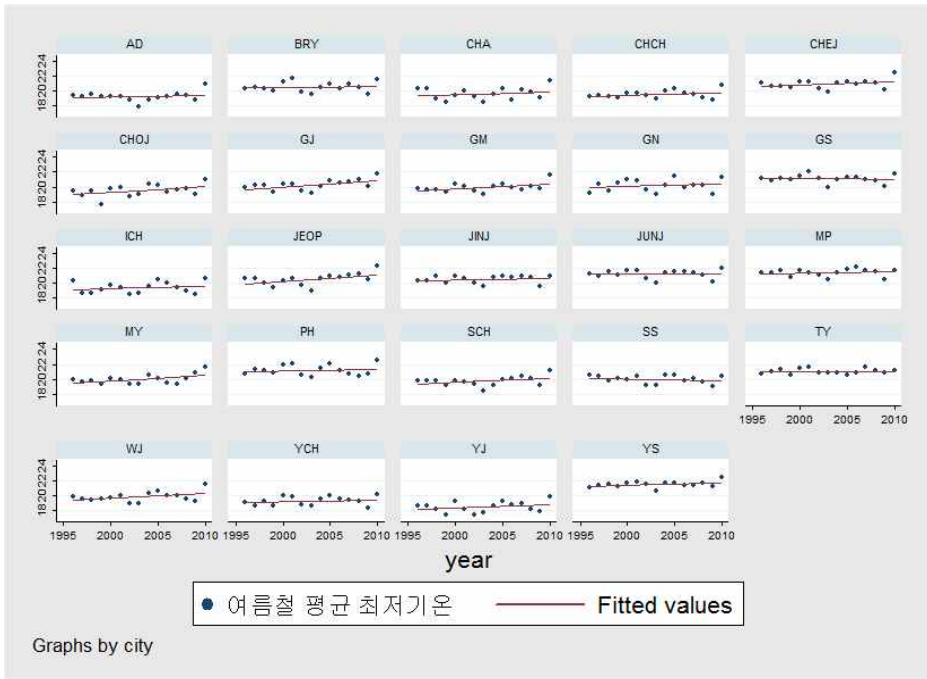


그림 7. 대상지별 여름철 평균 최저기온 추세

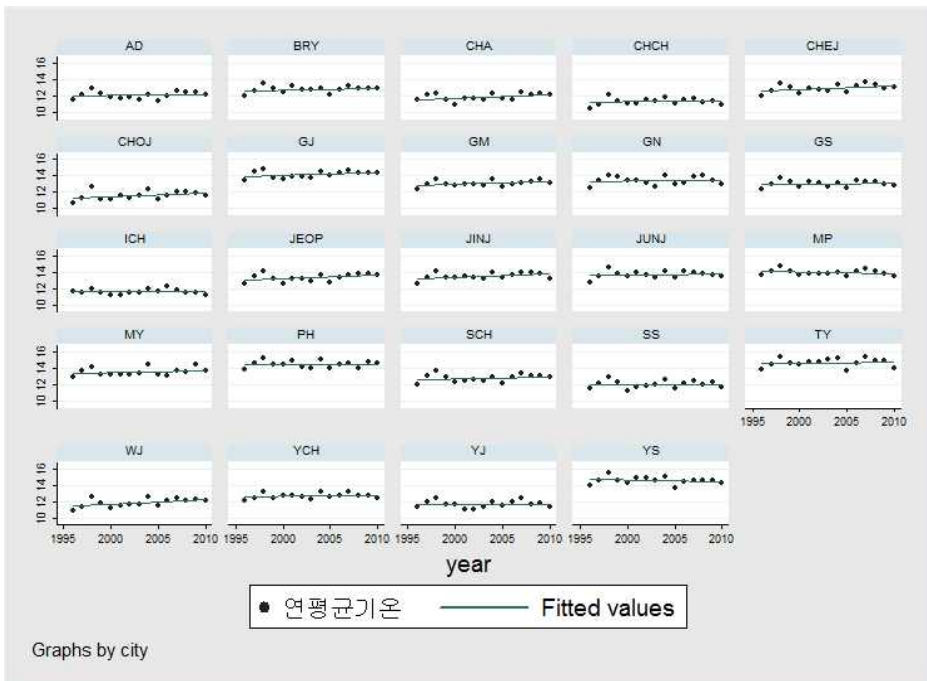


그림 8. 대상지별 연평균기온 추세

### 3. 분석모형 설정

#### 1) 패널분석 모형

기온이라는 변수의 특성 상 다른 지역과의 횡단면적 분석으로 절대치를 비교하는 것은 어렵다. 지역의 자연적 조건과 위치에 따라 동일 시점에서 기온의 차이가 크기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 여러 지점에서의 시계열적 기온변화를 포함하여 분석하기 위해 패널모형분석(Panel Model Analysis)을 사용하였다.

패널분석은 횡단면분석과 시계열분석이 합쳐진 형태로, 개체의 관찰되지 않은 이질성(unobserved heterogeneity)을 모형에서 고려할 수 있어 우려되는 오류를 줄일 수 있다. 패널분석은 개체간의 차이(inter-individual differences)와 개체 내 동태성(intra-individual dynamics)을 모두 고려하여 효율적인 추정량을 얻을 수 있다. 또한 횡단면 단위와 시계열 단위를 모두 가져 보다 큰 자유도를 가지며, 다중공선성(multicollinearity) 문제를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

패널분석에서는 관찰되지 않은 이질성 효과, 즉 개체특성 효과(individual effect)와 시간특성 효과(time effect)를 어떻게 설명하느냐에 따라 모형이 달라진다. 패널모델의 기본적인 형태는 다음과 같다.

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \epsilon_{it}$$

(단  $\epsilon_{it} = \mu_i + \lambda_t + \nu_{it}$ )

$\mu_i$  : 관찰되지 않은 개체 특성 효과  
 $\lambda_t$  : 관찰되지 않은 시간 특성 효과  
 $\nu_{it}$  : 확률적 교란항

각각을 고정효과(fixed effect)로 보는지 확률효과(random effect)로 보는 지에 따라 고정효과모델, 확률효과모델로 나눌 수 있다.

고정효과모델은 시간불변적인 개체특성 효과를 고려한 모형으로 개

체들이 가지고 있는 고유한 시간불변적 특성이 설명변수에 영향을 미치는 것을 전제로 한다. 고정효과모델은 다음과 같다.

$$y_{it} = \alpha_i + X_{it}'\beta + e_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, n; \quad T_i \leq T$$

$$X = x_1, x_2, \dots, x_K \quad (K: \text{설명변수})$$

여기서  $\alpha_i$ 는  $(\alpha + \mu_i)$ 로 고정효과모델에서 오차항  $\mu_i$ 는 추정해야 할 모수로 간주된다. 따라서 모델을 다음과 같이 바꾸어 볼 수 있다.

$$y_{it} = \alpha + \mu_i + X_{it}'\beta + e_{it}$$

$$(\alpha = \frac{1}{N} \sum \alpha_i; \quad \mu = \alpha_i - \alpha \quad (\therefore \sum \mu_i = 0))$$

이처럼  $\alpha$ 는 개체특성효과를 평균한 것이며  $\mu_i$ 는 평균효과로부터 각 개체들의 효과가 얼마나 떨어져 있는 가를 나타낸다.

확률효과모델은 개체의 고유적 특성이 고정되지 않고 확률적으로 변화한다고 가정하는 모형이다. 확률효과모델에서는 개체특성효과를 추정해야 할 모수로 보는 고정효과 모델과는 달리 이를 확률변수로 간주한다. 확률효과모델은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it}$$

여기서  $u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it}$  ( $\mu, \lambda, \epsilon, x$ 간에는 독립적임)

고정효과모델과 확률효과모델은 설명변수가 시간불변적 개체 효과와 상관성이 있는가의 여부에 따라 선정된다. Hausman Test를 통해 데이터를 검정하여 이를 결정할 수 있다. Hausman Test는 설명변수와 개체 특성 효과가 상관성을 가지는 지 독립적인지를 판별하여 고정효과모델과

확률효과모델 중 어느 모델이 적합한가를 판정하는 검정 방법이다.

## 2) 패널분석을 위한 데이터 검정

### (1) 여름철 평균 최저기온 모형과 연평균기온 모형

패널분석을 실행하기 위해 데이터 검정을 실시하였다. 패널분석을 위한 다음과 같은 과정으로 데이터를 검정하였다. 먼저 개체 고정효과 F 검정을 통해 데이터가 합동OLS와 고정효과 중 적합한 모형을 선택한다. 그리고 Breusch-Pagan LM검정을 이용하여 시간의 확률효과가 통계적으로 유의한지 판정하였다. 마지막으로 하우스만(Hausman) 검정을 통해 고정효과와 확률효과 중 적합한 모형을 선택한다. 이러한 과정으로 모형을 선택한 후, 자기상관성과 이분산성을 진단하여 해당되는 문제를 처방하여 최종적으로 모형을 설정하였다. 표 13과 14는 여름철 평균 최저기온 모형과 연평균기온 모형에 대한 검정과정 및 결과이다.

표 15. 여름철 평균 최저기온 모형 검정과정 및 결과

검정		결과	
개체고정효과 F검정	H0: 모든패널 개체i에 대해 $u_i=0$	F(23,332)= 16.28, Prob>F=0.0000 ->귀무가설 기각	합동OLS보다 고정효과모형이 적합
확률효과 유의성검정 Breusch-Pagan LM검정	H0: $var(u_i)=\sigma^2=0$	Test: Var(u) = 0, $\chi^2(1) = 539.97$ , Prob > $\chi^2 = 0.0000$ ->귀무가설 기각	합동OLS보다 확률효과모형이 적합
Hausman Test	H0: $cov(x_{it}, u_i) = 0, H1 : cov(x_{it}, u_i) \neq 0$	$\chi^2(4)=(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)=7.50$ Prob> $\chi^2=0.1117$ ->귀무가설 채택	고정효과 모형보다 확률효과모형이 적합 ->확률효과모형 선택
이분산성검정 Modified Wald test	H0: $\sigma^2(i)^2 = \sigma^2$ for all i	$\chi^2(24) = 58.62$ Prob> $\chi^2=0.0001$ ->귀무가설 기각	이분산성 있음 ->robust사용
자기상관성검정	$sm\_min\_t[cityid,t] = Xb+u[cityid] +v[cityid,t]$	ALM( $\lambda=0$ ) = 2.55 Pr> $\chi^2(1) = 0.1102$ ->귀무가설 채택	자기상관성 없음

표 16. 연평균기온 모형 검정과정 및 결과

검정		결과	
개체고정효과 F검정	H0:모든패널 개체i에 대해 $u_i=0$	F(23, 332) =16.28 Prob >F = 0.0000 ->귀무가설 기각	합동OLS보다 고정효과모형이 적합
확률효과 유의성검정 Breusch-Pagan LM검정	H0: $var(u_i)=\sigma^2=0$	Test: Var(u) = 0 , chi2(1) = 2729.84 Prob >chi2 = 0.0000 ->귀무가설 기각	합동OLS보다 확률효과모형이 적합
Hausman Test	H0: cov(xit, ui) = 0, H1 : cov(xit, ui) ≠ 0	chi2(4)=(b-B)'[(V b-V_B)^(-1)](b-B)=4.85 Prob>chi2=0.3026 ->귀무가설 채택	고정효과 모형보다 확률효과모형이 적합 ->확률효과모형 선택
이분산성검정 Modified Wald test	H0: $\sigma^2(i)^2$ = $\sigma^2$ for all i	chi2 (24) = 21.32 Prob>chi2= 0.6195 ->귀무가설 채택	이분산성 없음
자기상관성검정	an_av_tmp[cityid, t] = Xb+u[cityid] +v[cityid,t]	ALM(lambda=0) = 5.37 Pr>chi2(1) = 0.0205 ->귀무가설 기각	자기상관성 있음 ->xtregar 모형 사용

검정과정을 거친 결과, 여름철 평균 최저기온을 종속변수로 하는 분석의 모형은 확률효과모형에 이분산성을 보정하는 로버스트(robust) 추정 옵션을 추가한 것이 적합한 것으로 추정되었다. 연평균기온을 종속변수로 하는 모형의 경우, 확률효과 모형에 자기상관성을 보정하는 xtregar 모형으로 분석하는 것이 적합한 것으로 나왔다.

## IV. 도시기온에 대한 압축도의 영향 실증분석

### 1. 기초통계 분석

#### 1) 패널데이터에 대한 기술통계 분석

압축도시 특성이 기온에 미치는 영향에 관한 실증분석에서 사용되는 모든 변수의 기술통계 결과는 아래 표15와 같다. 24개 도시의 15년간 자료를 사용하여 전체 표본 수는 360개 이었다.

표 17. 패널데이터에 대한 기술통계 결과

변수		평균	표준편차	최소값	최대값	표본수	단위
여름철 평균 최저기온	overall	20.20	0.99	17.43	22.57	N=360	℃
	between		0.79	18.50	21.50	n=24	
	within		0.61	18.44	21.96	T=15	
연평균 기온	overall	12.94	1.09	10.41	15.45	N=360	℃
	between		1.02	11.33	14.68	n=24	
	within		0.42	11.91	13.97	T=15	
순밀도	overall	15.39	5.74	6.66	30.98	N=360	명/ 1,000km <sup>2</sup>
	between		5.75	7.95	28.87	n=24	
	within		1.12	12.69	19.25	T=15	
대지비율	overall	4.10	4.60	1.12	22.20	N=360	%
	between		4.67	1.20	20.81	n=24	
	within		0.46	1.69	6.27	T=15	
인구	overall	2.67	1.48	1.03	6.56	N=360	십만명
	between		1.49	1.13	6.18	n=24	
	within		0.19	1.53	3.60	T=15	
제조업 밀도	overall	3.66	4.78	0.08	26.68	N=360	명/ 100,000km <sup>2</sup>
	between		4.67	0.12	18.85	n=24	
	within		1.37	-0.03	12.48	T=15	

## 2. 도시기온에 대한 실증분석

### 1) 여름철 평균 최저기온 모형

데이터 수집과 검정을 통해 최종적으로 실증분석 모형을 선정하고 이를 분석하였다. 종속변수를 [여름철 평균 최저기온]으로 하는 모형의 분석결과는 아래 표 16과 같다.

표 18. 여름철 평균 최저기온 모형 분석결과

	Coef.	Std.	z	P> z	95%신뢰구간	
순밀도	-0.057**	0.024	-2.330	0.020	-0.105	-0.009
대지비율	0.093***	0.021	4.530	0.000	0.053	0.133
인구	0.176	0.110	1.600	0.110	-0.040	0.393
제조업밀도	0.050**	0.020	2.530	0.011	0.011	0.088

$R^2$  within = 0.0491

$R^2$  between = 0.2311

$R^2$  overall = 0.1585

\*\*\* 유의수준  $\alpha=0.01$ 에서 유의함

\*\* 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 유의함

분석결과, 독립변수인 순밀도, 대지비율과 통제변수인 제조업밀도가 유의한 것으로 나타났다. 대지비율과 제조업밀도는 여름철 평균 최저기온과 정(+)의 관계를 가져 대지의 비율이 커질수록, 제조업의 밀도가 커질수록 도시의 여름철 평균 최저기온을 상승시키는 효과가 있음을 나타냈다. 대지의 비율이 한 단위 즉 1% 상승할 때 여름철 평균 최저기온은 0.093℃ 상승하고, 제조업밀도가 한 단위 즉 1명/100,000km<sup>2</sup> 증가할 때 여름철 평균 최저기온은 0.05℃ 상승하였다.

반면, 순밀도의 경우 종속변수와 음(-)의 관계를 가져 순밀도가 커질수록 도시기온이 낮아지는 것으로 나타났다. 순밀도가 한 단위 즉 1명/1,000km<sup>2</sup> 증가할 때 여름철 평균 최저기온은 0.057℃ 하락하는 효과가 있었다.

통제변수인 인구규모는 양(+)의 방향성을 가지기는 하나, p=0.11로



통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

결정계수( $R^2$ ) 값은 전체적으로 0.1585로 높지는 않으나 종속변수인 기온은 자연적인 요소나 지리적 입지에 많은 영향을 받는 현상으로 설명할 수 있는 부분이 적기 때문이라고 판단하였다.

## 2) 연평균기온 모형

연평균기온을 종속변수로 한 모형의 분석결과는 다음과 같다. 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 변수는 순밀도와 인구규모로, 이 모형 역시 순밀도는 도시기온에 대해 음(-)의 관계를 갖는 것으로 나타났다. 순밀도가 한 단위 즉 1명/1,000km<sup>2</sup> 증가하면 연평균기온이 0.04℃ 감소한다. 인구는 그 크기가 증가할수록 도시기온을 상승시키는데, 인구 십만 명 당 연평균기온 0.188℃를 상승시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 연평균기온 모형의 경우 결정계수( $R^2$ ) 값이 0.0382로 매우 작아 모형의 설명력이 낮았다.

표 19. 연평균기온 모형 분석결과

	Coef.	Std.	z	P> z	95%신뢰구간	
순밀도	-0.040*	0.022	-1.840	0.065	-0.082	0.003
대지비율	0.061	0.038	1.610	0.107	-0.013	0.135
인구	0.188*	0.113	1.670	0.096	-0.033	0.409
제조업밀도	0.021	0.019	1.120	0.261	-0.016	0.058

$R^2$  within = 0.0429

$R^2$  between = 0.0392

$R^2$  overall = 0.0382

\* 유의수준  $\alpha=0.1$ 에서 유의함

### 3) 내륙도시와 해안도시 간 분석결과 비교

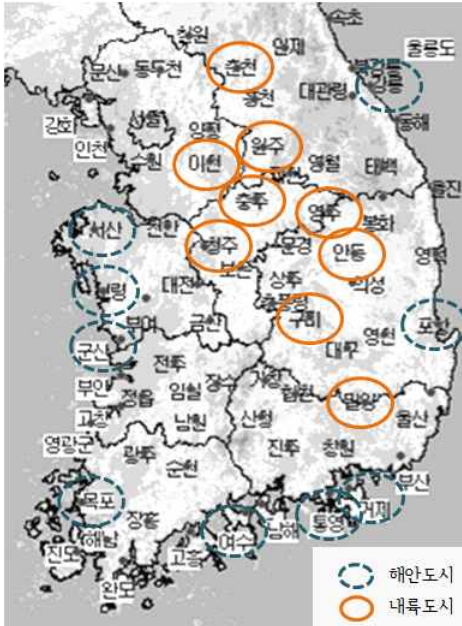


그림 9. 내륙도시와 해안도시 구분

해안에 가까울수록 겨울철 최고 기온은 낮게, 여름철 최저기온은 높게 형성되며(김상하, 2008), 해안도시 보다 내륙에 위치한 도시가 기온 상승률이 높았다(류상범 외, 1993). 해안의 도시는 해풍과 해수온에 따른 영향을 많이 받아 내륙의 도시와는 다른 기후적 특성을 가진다. 따라서 내륙도시와 해안도시 간 도시화가 기온에 미치는 영향에 차이가 있을 것으로 보고 대상지를 분류하여 분석해 보았다.

관측지점의 해안선에서부터의 거리(40km)를 기준으로 내륙도시, 해안도시를 각각 9개 도시씩 분류하였다. 내륙도시와 해안도시로 분류된 도시는 아래 표 18과 같았다.

표 20. 내륙도시와 해안도시

구분	도시	총 수
내륙도시	이천, 춘천, 원주, 청주, 충주, 영주, 안동, 구미, 밀양	9개
해안도시	강릉, 서산, 보령, 군산, 목포, 포항, 여수, 통영, 거제	9개

각각의 분류에 대하여 본 모형과 동일한 데이터 검정과정을 거쳐 모형을 설정하였다. 검정 결과, 내륙도시모형은 자기상관성과 이분산성이 없는 확률효과모형, 해안도시모형은 로버스트 추정 옵션으로 이분산성을 보정한 확률효과 모형이 적합한 것으로 나타났다. 종속변수는 여름철 평균 최저기온으로 하였고, 각각 9개의 도시의 1996년에서 2010년까지 15년 동안의 패널데이터(총 사례수 135개)에 대해 분석하였다.

(1) 내륙도시모형과 해안도시모형의 기초통계 분석

표 21. 내륙도시모형에 대한 기술통계 결과

변수		평균	표준편차	최소값	최대값	표본수	단위
여름철 평균 최저기온	overall	19.65	0.89	17.43	22.43	N=135	℃
	between		0.65	18.50	20.91	n=9	
	within		0.64	17.89	21.36	T=15	
순밀도	overall	14.94	6.24	6.94	30.98	N=135	명/ 1,000km <sup>2</sup>
	between		6.53	8.04	28.87	n=9	
	within		0.91	12.89	17.05	T=15	
대지비율	overall	3.31	3.76	1.12	15.86	N=135	%
	between		3.94	1.20	13.69	n=9	
	within		0.52	0.91	5.48	T=15	
인구	overall	2.57	1.44	1.10	6.56	N=135	십만명
	between		1.50	1.19	6.03	n=9	
	within		0.19	1.85	3.10	T=15	
제조업 밀도	overall	4.56	6.54	0.08	26.68	N=135	명/ 100,000km <sup>2</sup>
	between		6.81	0.12	18.85	n=9	
	within		1.11	1.75	12.40	T=15	

표 22. 해안도시모형에 대한 기술통계 결과

변수		평균	표준편차	최소값	최대값	표본수	단위
여름철 평균 최저기온	overall	20.80	0.78	18.97	22.57	N=135	℃
	between		0.57	19.96	21.50	n=9	
	within		0.57	19.62	22.29	T=15	
순밀도	overall	15.92	4.69	7.28	27.41	N=135	명/ 1,000km <sup>2</sup>
	between		4.74	8.33	24.75	n=9	
	within		1.37	13.22	19.79	T=15	
대지비율	overall	4.90	5.76	1.20	22.20	N=135	%
	between		6.08	1.39	20.81	n=9	
	within		0.37	3.62	6.28	T=15	
인구	overall	2.39	1.15	1.07	5.16	N=135	십만명
	between		1.21	1.13	5.10	n=9	
	within		0.09	2.10	2.77	T=15	
제조업 밀도	overall	3.34	3.25	0.27	15.31	N=135	명/ 100,000km <sup>2</sup>
	between		2.89	0.40	9.13	n=9	
	within		1.76	-0.35	12.16	T=15	

(2) 내륙도시모형과 해안도시모형의 패널분석 결과

표 23. 내륙도시모형 분석결과(종속변수: 여름철 평균 최저기온)

	Coef.	Std.	z	P> z	95%신뢰구간	
순밀도	-0.167***	0.051	-3.290	0.001	-0.267	-0.068
대지비율	-0.036	0.085	-0.420	0.674	-0.203	0.131
인구	0.714**	0.283	2.520	0.012	0.158	1.269
제조업밀도	0.100**	0.038	2.610	0.009	0.025	0.175

R<sup>2</sup> within = 0.1099

\*\*\* 유의수준  $\alpha=0.01$ 에서 유의함

R<sup>2</sup> between = 0.6070

\*\* 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 유의함

R<sup>2</sup> overall = 0.3480

표 24. 해안도시모형 분석결과(종속변수: 여름철 평균 최저기온)

	Coef.	Std.	z	P> z	95%신뢰구간	
순밀도	-0.029	0.029	-1.000	0.316	-0.086	0.028
대지비율	0.057***	0.015	3.880	0.000	0.028	0.086
인구	0.344**	0.146	2.350	0.019	0.057	0.631
제조업밀도	0.037	0.026	1.450	0.147	-0.013	0.087

R<sup>2</sup> within = 0.0433

\*\*\* 유의수준  $\alpha=0.01$ 에서 유의함

R<sup>2</sup> between = 0.4885

\*\* 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 유의함

R<sup>2</sup> overall = 0.2481

내륙도시모형과 해안도시모형을 패널분석한 결과, 내륙도시의 경우 순밀도와 인구, 제조업밀도가 통계적으로 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다. 내륙도시에서 순밀도가 1명/1,000km<sup>2</sup> 증가할수록 여름철 평균 최저기온은 0.167°C 감소하는 것으로 나타나 순밀도 한 단위 증가에 0.057°C 감소하는 것으로 나온 전체 모형에서 보다 큰 영향력을 가지는 것을 알 수 있었다. 인구와 제조업밀도에서도 계수의 값이 더 크게 나오는 것을 확인할 수 있었다. 또한 결정계수(R<sup>2</sup>)값이 0.3480으로 전체 모형에 비해 큰 값을 가져 설명력이 높아진 것을 볼 수 있다.

한편, 해안도시의 경우 독립변수 순밀도의 영향력이 유의하지 않은

것으로 나타났다. 대지비율과 인구규모만 통계적으로 유의한 변수로 인정되어 해안도시의 경우 인구활동의 영역, 개발지의 증감에는 영향을 받으나 밀도에는 큰 영향을 받지 않는 것으로 보인다. 결정계수( $R^2$ )값은 0.2481로 내륙도시에 비해서는 설명력이 낮은 것으로 나타났다.

### 3. 소결

실증분석을 시행한 결과, 도시기온에 대해 압축도시 특성요소인 순밀도와 대지비율이 유의한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 주 종속변수인 여름철 평균 최저기온에 대해 순밀도는 음(-)의 효과, 대지비율은 양(+)효과를 보여 순밀도가 높을수록, 대지비율이 낮을수록 도시기온이 저감되는 것으로 나타났다. 연평균기온 모형에서는 대지비율이 유의하지 않은 것으로 나왔으나 순밀도는 연평균기온에 대하여 음(-)의 효과가 있는 것으로 분석되었다. 두 모형에서 모두 순밀도는 음(-)의 효과가 있는 것으로 나타나, ‘동일한 대지비율과 인구규모, 제조업밀도를 가정하였을 때 순밀도의 증가는 도시기온을 저감시키는 효과가 있다’고 볼 수 있다.

3절에서 시행한 내륙도시와 해안도시모형 분석에서는, 해안도시와 같이 해풍이나 해수온의 영향을 받지 않는 내륙도시들을 분석한 결과, 순밀도의 영향이 다른 모형들에 비해 가장 크게 나타났으며 모형의 설명력도 가장 높게 나타났다. 이는 자연적 요건이 통제되어 도시화의 영향이 더 분명하게 나타난 것으로 보인다.

## V. 결론

### 1. 연구의 요약 및 의의

기후변화가 인류의 삶에 미치는 영향은 현재 전 세계적인 관심사이자이다. 이는 비단 환경문제가 아니라 세계 경제, 사회, 정치에까지 영향을 미치는 문제이다. 극한기온 현상이 증가하여 인명피해를 발생시키고, 기후변화로 인한 수면상승으로 삶의 터전을 잃은 기후난민까지 발생하고 있다. 특히 도시에서의 고온화 현상은 heat stress로 인한 질병·사망의 증가, 열대야 현상, 폭염과 집중호우 등을 발생시키며 도시민의 삶의 질을 위협하고 있다.

도시의 기온은 전 지구적인 기후변화에 영향을 받을 뿐 아니라, 열섬현상과 같은 도시만의 독특한 기후현상을 일으키며 형성된다. 도시기온은 도시의 물리적인 특성에 영향을 받는데, 인공적으로 배출되는 열과 지표면의 인공화에 따른 열의 복사나 흡수, 대기오염으로 인한 먼지등 현상 등으로 인해 고온화 되는 경향을 보인다. 반면 녹지나 오픈스페이스는 이러한 기온상승을 완화시키는 효과가 있다. 결국 인간의 활동은 거시적인 측면에서 온실가스의 배출로 전 지구적 기후변화를 일으킴과 동시에 도시열섬현상을 일으켜 도시의 고온화를 가속시킨다. 이처럼 도시기온은 도시의 공간구조에 영향을 받기 때문에 지속가능한 도시를 만들기 위해서는 도시기온 상승을 완화시키는 공간구조를 찾기 위한 노력이 필요하다.

1992년 리우회의에서 ‘지속가능한 발전’이라는 개념이 대두되고 환경에 대한 관심이 커지면서, 지속가능한 도시에 대하여 많은 제안과 연구가 있었으며 현재까지도 이에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다. 압축도시 이론은 이와 같은 맥락에서 생겨난 도시공간구조 이론이다.

압축도시 이론에 대해서 아직까지 합의된 정의는 없으나 고밀·복합

개발을 통해 도시의 확산을 방지하고 녹지와 오픈스페이스를 확보하고, 대중교통을 활성화하여 도시 내 교통에너지 소비를 줄여 환경 부하를 감소시키는 것을 주 내용으로 한다.

선행된 연구들에 의하면 도시 내 녹지와 오픈스페이스의 증가는 도시기온을 저감시키는 효과가 있으며, 교통에너지와 냉난방에너지의 사용은 열섬현상과 도시고온화를 일으키는 원인이 된다. 압축적인 도시 형태로 도시의 기개발지 면적을 줄이고 교통과 건물에서 사용되는 에너지 소비를 감소시킨다면 도시기온의 상승을 완화하는 효과가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 이를 실증적으로 규명하고자 하였다.

본 연구에서는 압축도시의 특성이 도시기온에 미치는 영향을 패널모형으로 분석하였다. 우리나라 24개 중소도시를 대상으로, 1996년에서 2010년까지 15년 동안의 패널데이터를 사용하였다. 종속변수인 도시기온 변수로는 여름철 평균 최저기온과 연평균기온을, 순밀도와 대지비율, 인구규모와 제조업밀도를 설명변수로 하여 패널분석을 시행하였다. 다음으로 자연적 조건에 차이가 있는 내륙의 도시와 해안의 도시로 분류하여 분석하였다.

이 결과, 압축도시 특성요소인 순밀도와 대지비율은 도시기온에 대하여 순밀도가 증가하고 대지비율은 감소할수록, 즉, 도시의 압축도가 높을수록 도시기온 저감에 유의한 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 내륙에 위치한 도시만을 대상으로 분석한 결과 순밀도의 영향력이 더 크고, 모형의 설명력도 높아 해안의 도시보다 내륙의 도시가 도시화의 영향에 크게 노출됨을 확인할 수 있었다.

도시고온화가 심각한 도시문제로 인식되고 앞으로의 도시계획에 있어 반드시 고려해야할 중요한 요소인 만큼 이러한 연구결과는 향후 개발될 도시의 압축 정도를 계획함에 있어 시사점을 제공할 것으로 생각된다.

## 2. 연구의 한계 및 향후과제

압축도시의 특성변수를 도출하여 도시기온과의 관계를 실증적으로 분석하는 과정에서 다음과 같은 연구의 한계를 지니고 있다.

먼저 앞서 밝힌 바와 같이 본 연구의 대상지는 규모가 크지 않고 대체로 단핵형의 패턴을 가진 중소도시이기 때문에 이미 고도로 개발이 진행된 대도시에 결과를 적용할 수는 없다. 대도시의 경우 이미 고밀도로 개발이 되어있고 대부분의 면적이 개발지에 속하기 때문에 본 연구와는 다른 접근방법으로 분석해야 할 것이다.

또한, 본 연구에서 사용된 기온자료는 한 지점에서의 관측자료로, 해당 지점의 조건에 따른 기온자료의 변동에 대해서는 통제하지 못했다는 한계가 있다. 이는 향후 더 많은 지점에서의 기온자료를 합해 분석하거나 위성자료를 이용하여 도시 전체에 대한 기온변화를 살펴볼 필요가 있을 것이다.

기온의 특성상 영향요소에 대해 밝혀지지 않은 부분이 많고, 통제하기가 쉽지 않다. 향후에는 보다 다양한 설명변수로 분석하여 도시고온화를 완화시키는 개발방향에 대한 보다 심층적인 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서는 이론적인 고찰로 살펴본 경로, 혹은 매개가 되는 변수들을 함께 적용한 분석이 이루어져야 할 것이다.



## ■ 참고문헌

- 김성하(2008), “해안역 도시의 기온분포 특성에 관한 연구: 부산광역시 해운대구를 대상으로”, 부산대학교 대학원 건축공학 석사학위 논문
- 김승남 외(2009). “압축도시 공간구조 특성이 교통에너지 소비와 대기오염 농도에 미치는 영향”, 「국토계획」, 44(2): 231-246
- 김학열(2003). “도시환경인자에 따른 대기온도 변화 연구 : 서울시를 대상으로”, 「대한국토계획학회지」 38(5): 259-269
- 남창우 외(2005). “우리나라 중소도시의 교통에너지 소비특성에 관한 연구”, 「한국지방자치연구」 7(2): 169-187
- 민인식·최필선(2012). 「STATA 패널 데이터 분석」, 지필미디어
- 안건혁(2000). “도시형태와 에너지활용과의 관계 연구”, 「대한국토계획학회지」 107(2000.4): 9-17
- 안지숙, 황재동, 박명희, 서영상(2012), “Landsat-7 ETM+ 영상과 AWS 자료를 이용한 부산의 토지피복에 따른 여름철 도시열섬포텐셜 산출”, 「한국지리정보학회지」 15(4) 65-77
- 오성남 외(2010). “기후변화와 한반도 도시지역의 기온 증가”, 「환경영향평가」 19(2): 169-177
- 이승호·허인혜(2011). “한국의 도시화에 의한 극한기온의 변화”, 「대한지리학회지」 46(3): 257-276
- 이정원·김학열(2008). “도시인구규모와 대기온도의 변화 분석”, 대한국토도시계획학회 정기학술대회
- 이희연·노승철(2012). 「고급통계분석론」, 법문사
- 조윤애(2011). “에너지 절감을 위한 적정도시개발밀도”, 「한국행정논집」 23(4): 19-30

- 조희선(2013), “도시압축개발이 대기오염에 미치는 영향에 관한 연구”,  
서울대학교 환경대학원 박사학위 논문
- 차영화(2009). “도시환경특성이 도시기온에 미치는 영향분석”, 서경대학교  
대학원 도시공학 석사학위 논문
- Breheny, M.J.(1997). “Urban Compaction, Feasible and Acceptable?”, *Cities*,  
14(4): 209 - 217.
- Coombes M.·Wong C.(1994), “Methodological steps in the development of  
multivariate indexes for urban and regional policy analysis”  
*Environment and Planning A* 26(8): 1297 - 1316
- Helmut E. Landsberg(1981). The urban climate
- Hua, L.J.·Ma, Z.G.·Guo, W.D.(2008), “The impact of urbanization on air  
temperature across China”, *Theoretical and Applied Climatology*, 93:  
179-194
- IPCC(2007). “Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report”
- IPCC(2001). “Climate Change 2001, IPCC Third Assessment Report”
- L.Howard(1833). 「The Climate of London」, London
- Li, Q.·Li, W.·Si, P.·Xiaorong, G.·Dong, W.·Jones, P.·Huang, J.·Cao,  
L.(2010), “Assessment of surface air warming in Northeast China,  
with emphasis on the impacts of urbanization”, *Theoretical and  
Applied Climatology*, 99: 469-478

<부록 1> 기온 관측지점 위치

지점번호	지점명	관할기관	주소	위도	경도
203	이천	이천기상대	경기도 이천시 부발읍 신하리	37.26398	127.4842
101	춘천	춘천기상대	강원도 춘천시 우두동	37.90256	127.7357
114	원주	원주기상대	강원도 원주시 명륜동	37.33756	127.9466
105	강릉	강원지방기상청	강원도 강릉시 용강동	37.75147	128.89098
131	청주	청주기상대	충청북도 청주시 흥덕구 복대동	36.63924	127.44066
127	충주	충주기상대	충청북도 충주시 안림동	36.97038	127.95266
232	천안	천안기상대	충청남도 천안시 신방동	36.77962	127.12127
235	보령	보령기상대	충청남도 보령시 요암동	36.32721	126.55741
129	서산	서산기상대	충청남도 서산시 수석동	36.77661	126.49391
146	전주	전주기상대	전라북도 전주시완산구 남노송동	35.8215	127.15496
140	군산	군산기상대	전라북도 군산시 내홍동	36.0053	126.76135
245	정읍	정읍기상대	전라북도 정읍시 상동	35.56317	126.86611
165	목포	목포기상대	전라남도 목포시 연산동	34.81689	126.38121
168	여수	여수기상대	전라남도 여수시 중앙동	34.73929	127.74064
174	순천	순천기상대	전라남도 순천시 승주읍 평중리	35.0204	127.3694
138	포항	포항기상대	경상북도 포항시남구 송도동	36.03259	129.37963
136	안동	안동기상대	경상북도 안동시 운안동	36.57293	128.70732
279	구미	구미기상대	경상북도 구미시 남통동	36.13055	128.32054
272	영주	안동기상대	경상북도 영주시 풍기읍 성내리	36.87188	128.51696
281	영천	대구기상대	경상북도 영천시 망정동	35.97743	128.95141
192	진주	진주기상대	경상남도 진주시 평거동	35.16379	128.04002
162	통영	통영기상대	경상남도 통영시 정량동	34.84546	128.4356
288	밀양	울산기상대	경상남도 밀양시 내이동	35.49148	128.7441
294	거제	통영기상대	경상남도 거제시 신현읍 장평리	34.88818	128.60453

<부록 2> 내륙도시 모형과 해안도시 모형의 데이터검정 결과

표 26 내륙도시 모형 검정과정 및 결과 (종속변수: 여름철 최저 평균기온)

검정		결과	
확률효과 유의성검정 Breusch-Pagan LM검정	H0: $\text{var}(u_i) = \sigma^2 = 0$	Test: $\text{Var}(u) = 0$ , $\chi^2(1) = 26.85$ Prob > $\chi^2 = 0.0000$ ->귀무가설 기각	합동OLS보다 확률효과모형이 적합
Hausman Test	H0: $\text{cov}(x_{it}, u_i) = 0, H1$ : $\text{cov}(x_{it}, u_i) \neq 0$	$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B) = 4.05$ Prob > $\chi^2 = 0.3989$ ->귀무가설 채택	고정효과 모형보다 확률효과모형이 적합 ->확률효과모형 선택
이분산성검정 Modified Wald test	H0: $\sigma^2(i) = \sigma^2$ for all i	$\chi^2(9) = 5.39$ Prob > $\chi^2 = 0.7987$ ->귀무가설 채택	이분산성 없음
자기상관성검정	$\text{sm\_min\_t}[cityid, t] = Xb + u[cityid] + v[cityid, t]$	ALM( $\lambda = 0$ ) = 0.66 Pr > $\chi^2(1) = 0.4161$ ->귀무가설 채택	자기상관성 없음

표 27 해안도시 모형 검정과정 및 결과 (종속변수: 여름철 최저 평균기온)

검정		결과	
확률효과 유의성검정 Breusch-Pagan LM검정	H0: $\text{var}(u_i) = \sigma^2 = 0$	Test: $\text{Var}(u) = 0$ , $\chi^2(1) = 62.87$ Prob > $\chi^2 = 0.0000$ ->귀무가설 기각	합동OLS보다 확률효과모형이 적합
Hausman Test	H0: $\text{cov}(x_{it}, u_i) = 0, H1$ : $\text{cov}(x_{it}, u_i) \neq 0$	$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B) = 2.73$ Prob > $\chi^2 = 0.6048$ ->귀무가설 채택	고정효과 모형보다 확률효과모형이 적합 ->확률효과모형 선택
이분산성검정 Modified Wald test	H0: $\sigma^2(i) = \sigma^2$ for all i	$\chi^2(9) = 49.35$ Prob > $\chi^2 = 0.0000$ ->귀무가설 기각	이분산성 있음 ->robust사용
자기상관성검정	$\text{sm\_min\_t}[cityid, t] = Xb + u[cityid] + v[cityid, t]$	ALM( $\lambda = 0$ ) = 0.47 Pr > $\chi^2(1) = 0.4922$ ->귀무가설 채택	자기상관성 없음

Abstract

The Effects of Urban Compactness on  
Urban Temperature

Advised by

Prof. Choi, Mack Joong

June, 2013

submitted by

Park, Kwiwon

Department of Environmental Planning  
Graduate School of Environmental Studies  
Seoul National University

Climate change is one of the most significant problems that human society is facing at the 21C. Climate change is more than just an environmental issue but a complicated problem that has impact on the economy, society and politics all around the globe. Global warming and Urban Heat island effect have made a unique characteristic of urban climate. High temperature that urban spaces have, leads to increased rate of illness and death due to heat stress. Deleterious phenomenons such as Heat wave, hot and humid nights, localized heavy rain are all consequences of urban climate change.

Urban temperature is known to be affected by the earth's surface, heat emitted by human activities, air quality and also the urban structure. Factors such as the extent of green space, asphalt pavement, the mass of buildings and volume of traffic have influence on the urban climate. Since the physical characteristic of a city affects the urban temperature, it is important to learn the mechanism; moreover, figure out the urban form that has less impact on the climate.

Accomplishing sustainability has been the key goal of urban planning theories since the 1970s, when human impact on the environment became a global issue. Compact City theory was proposed as an alternative to conventional urban development; urban sprawl. Its main concept is to prevent the sprawl and secure urban open space and green land by high-density mix-used urban core. These features of Compact City are expected to achieve energy efficiency through decreased driving distance and increased use of public transportation. However, the actual effects of Compact City characteristics are still open to dispute, and being verified by many researchers.

The purpose of this study is to analyze the relationship between urban temperature and urban spatial structure, focusing on the compactness of the city. To do this, first of all, literature search of preceding researches about urban temperature and Compact City theory has been done. As next, this study analyzed the relations of temperature and compactness of 24 small-medium sized cities in Korea on 15years period (1996-2010) using STATA's Panel Data Model Analysis. The result shows that urban temperature rise at the increasing rate of building sites, and falls at the increase of net density, meaning that compact urban structure can help reduce the rising air temperature in the city.

◆ Key words : *Temperature, Heat-Island, Compact City, Compactness, Panel Analysis*

◆ Student Number : 2011-22315