

ORIGINAL ARTICLE

## 일최저기온을 이용한 부산의 도시화효과와 도시화 원인과의 상관성 분석

박명희 · 이준수 · 안지숙 · 서영상 · 한인성 · 김해동<sup>1)\*</sup>

국립수산과학원 수산해양종합정보과, <sup>1)</sup>계명대학교 지구환경학과

### Analysis of Correlation between the Cause of Urbanization and Urbanization Effect of Busan by Using Daily Minimum Temperatures

Myung-Hee Park, Joon-Soo Lee, Ji-Suk Ahn, Young-Sang Suh,  
In-Seong Han, Hae-Dong Kim<sup>1)\*</sup>

*Fishery and Ocean Information Division, National Fisheries Research and Development Institute,  
Busan 619-705, Korea*

<sup>1)</sup>*The Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea*

#### Abstract

This study examined urbanization effects and the causes of urbanization, urban population growth, increase of the city scale, land cover change, and human cultures and economic activities, using the daily minimum temperatures of the past 50 years (1961-2010) with the subject of Busan and analyzed correlations between urbanization effects and the causes of urbanization. Thereby, this paper drew a conclusion as below:

1) Due to the urbanization effects, the average annual daily minimum temperature increased as about 1.2°C; however, except for the factor of urbanization, the increase was shown as about 0.2°C. The occupancy of urbanization effects in the total temperature increase was quite high as about 83%. 2) Just like other cities experiencing urbanization, Busan, too, sees population growth and the expansion of city area as well as increased urbanization effects. First of all, correlation between population growth and urbanization effect was high as 0.96 before 1985 while it was lowered as 0.19 after 1985. Also, correlation between the increase of city area and urbanization effect was high as 0.64 and 0.79 before and after 1985. 3) Regarding the correlation between long-term land use change and urbanization effect, urbanization effect was affected greatly by the increase of city area (0.97) and reduction of green area (0.92). 4) Concerning human activities possible to affect the climatic factors of a city, this paper found the following factors: road length, car increase, power use, and the consumer price index, etc. And regarding the correlation between the three factors and urbanization effect, the correlation was higher in the consumer price index (0.97), the number of registered cars (0.89), power use (0.75), and road length (0.58) in order.

**Key words** : Urbanization effect, Daily minimum temperature, Land use, Human activity

---

Received 2 July, 2012; Revised 7 October, 2012;

Accepted 21 December, 2012

\*Corresponding author : Hae-Dong Kim, The Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
Phone: +82-53-580-5930  
E-mail: khd@kmu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

전 지구의 지난 100년간(1906~2005년) 평균기온은 0.74°C 상승하였다. 한반도의 경우는 평균기온이 97년간(1912~2008년) 1.7°C, 서울은 그보다 높은 2.4°C 상승하였다(Park 등, 2012). 이러한 기온상승은 온실기체 증가와 함께 도시화와 같은 지역적 요인에 의해서 영향을 받는다. 그러나 도시화효과는 온실기체 증가와는 독립적으로 기온상승의 중요한 요인 중 하나이다. 도시지역에 위치해 있는 관측소의 기온 시계열은 대규모 기후변화 영향뿐만 아니라 도시발달에 따른 도시열섬효과 등이 합쳐져 복잡한 양상을 띠어, 기후변화에 따른 기온경향을 예측하는데 어려움이 있다. 또한 도시화 영향은 종관적 상태뿐만 아니라 지형적인 영향으로 나타나는 국지기후에 영향을 받고 온실효과와 도시화의 영향은 기온에 같은 영향을 미치므로 도시화의 영향을 자연적 변동과 기후변화로부터 분리하기는 매우 어렵다(Baek과 Kwon, 1994; Koo 등, 2007).

산업화가 급격히 진행된 우리나라의 경우 도시화에 의한 기온 증가가 클 가능성이 높기 때문에, 도시화에 의한 도시별 기온 증가를 정량적으로 추정하는 일은 지구온난화에 의한 우리나라 기온의 장기변동을 정확하게 파악하는데 매우 중요하다.

우리나라는 1962년부터 경제발전 5개년 계획을 추진하고, 기본전략으로 수출지향적인 공업화를 설정하였다. 이러한 배경으로 우리나라 제1의 항만을 가진 부산은 수출입 물동량의 증가와 공업화전략으로 인해 도시화가 촉진되고 경제가 성장하면서 농어촌 인구의 도시유입이 급격히 증가하여 1962년 127만 명에서 2009년 357만 명으로 약 2.8배 증가하였으며, Park 등(2009)에서는 1985년부터 2000년까지 연평균 1.8%씩 비도시적 토지이용이 도시적 토지이용으로 전환된 것으로 발표하였다. 이러한 도시화는 지형, 식생, 하천 등 시각적 환경요소의 변화뿐만 아니라 기후 영향에도 크게 영향을 미친다고 판단할 수 있다.

도시화가 기상요소에 미치는 영향을 기온과 습도로부터 추정하는 연구는 많이 진행되고 있다. 연구사례를 살펴보면 국내의 경우 Woo(1996)는 1960년에서 1993년까지 전주의 도시화를 연구하기 위하여 인

구성장과 인구구성, 인구이동을 비교 분석하고, 토지이용, 도시경관 연구에서 평면적 경관과 입체적 경관을 고찰하였다. Byun(1998)은 부산의 도시화과정은 일제시대부터 1997년까지 인구수, 공공시설물의 분포, 교통량, 지각의 공간변화를 사용하여 분석하였다.

국외의 경우 Yukio와 Ken(1979, 1980, 1982)은 시가지에 위치한 기상대의 관측 자료와 도시화의 영향이 없다고 판단되는 교외지점 관측 자료의 차이를 이용하여 도시화효과를 추정하였으며, Fujibe(2009, 2010)는 지역 기상관측시스템 자료를 사용하여, 최근의 기온상승에 있어서의 도시화의 영향을 파악하였다.

또한 도시기후 특히 도시열섬현상에 대한 연구는 활발히 이루어졌다. 예를 들면, Park(1987)은 인구가 많은 도시일수록 도시온도가 높고, 동일한 도시에 있어서도 인구가 증가함에 따라 도시온도가 상승한다고 지적하였고, Ichinose(1997)는 지리정보시스템을 이용하여 도시기후의 수치시뮬레이션 기법을 이용하여, 인공열이 도시기온 상승에 미치는 영향을 보고하였다. 그러나 도시열섬 현상에 의한 도시에 있어서의 인간 활동, 도시 인구와 규모, 토지피복변화나 경제활동 등에 미치는 영향에 대해서는 충분한 연구가 이루어지지 못했다.

이러한 배경에서 이 연구에서는 부산을 대상으로 1960년대 이후 도시화에 수반되어 나타난 도시화효과를 파악하고, 이를 도시규모(도시면적, 인구증가) 및 토지이용 그리고 인간문화 활동(도로 길이, 자동차 증가량, 전력사용량, 소비자물가지수) 등 도시화 원인과의 상관관계를 살펴보았다.

## 2. 자료 및 방법

도시화에 의한 기온변화 효과를 파악하는 방법으로는 연구대상 도시와 거의 같은 기후대에 포함되면서 도시화의 영향을 거의 받지 않는 지점을 선정하여 비교·평가하는 것이 가장 보편적이다(Kim, 2003). 그러나 부산의 경우 교외지역을 대상으로 지난 50년간의 장기간 기상자료를 보유하면서 도시화의 영향을 받지 않는 지점을 찾을 수 없어, Kim 등(1999)의 연구 결과를 바탕으로 비교·평가 지점을 선정하였다. Kim

등(1999)의 결과에 따르면 도시화에 의한 승온이 크게 나타난 도시는 대구, 서울, 포항, 울산이며, 추풍령과 목포는 도시화가 미미한 지역인 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 연안에 위치하면서 도시화가 나타나지 않은 목포를 부산의 도시화효과 평가를 위한 최적의 비교대상지점이라고 판단하여 선정하였다. 자료는 부산과 목포의 과거 50년간(1961~2010)의 일최저기온 자료를 이용하였다. 또한 본 연구에서 일최저기온을 사용한 것은 일최저기온이 일최고기온과 일평균기온에 비해 도시화에 의한 영향이 뚜렷하게 나타나기 때문이다. 이러한 사실은 Koo 등(2007)의 연구결과를 통해 기온상승 중 도시화 효과의 기여도는 최저기온이 최고기온에 비해 약 10% 더 크다는 나타났다는 사실에서도 알 수 있다. Table 1은 부산과 목포의 기상관측지점의 위경도 좌표와 지난 50년간 기상관측지점의 이동이 발생한 해를 제시하였다. 두 지점에서의 기상관측지점의 이동은 우리나라의 본격적인 산업화와 도시화의 시작인 1962년 경제발전 5개년 계획이 본격적으로 추진되기 전 1960년대 초반까지 이루어져 도시화효과 평가에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

기상자료는 부산기상청과 목포기상대의 1961년부터 2010년까지 50년간의 일최저기온 값을 사용하였다.

도시화효과를 검증하기 위한 가장 좋은 방법은 각각의 도시지역(도시화 진척지역)과 이웃하는 시골지역(도시화 미진척지역)을 비교하는 것이다(Karl 등, 1998; Lee와 Kang, 1997; Choi 등, 2003; Koo 등, 2007). 따라서 본 연구에서도 도시화효과를 파악하기 위하여 Choi 등(2003)의 계산식과 일최저기온 자료를 이용하였다.

본 연구에서는 부산(도시화 진척지역)과 목포(도시화 미진척지역)간의 기온차를 평균하여 도시화효과에

의한 기온값을 계산하였는데, 도시화효과 평가의 경우는 도시화 진척지역을 부산으로 도시화 미진척지역을 목포로 표기하였다. 도시화효과에 의한 기온상승이 제거된 기온값은 아래의 식과 같이 정의된다(Choi 등, 2003).

$$T'_i = T_i - \overline{T_{u-r}} + \{[(\Delta T_{u-r}/100)(i-1910)]\} \tag{1}$$

$$\Delta T_{u-r} = 2(\overline{T(2)_{u-r}} - \overline{T(1)_{u-r}}) \tag{2}$$

여기서  $\overline{T_{u-r}}$ 은 1961년부터 2010년까지 매년 부산과 목포의 기온차를 평균한 값이며,  $\Delta T_{u-r}$ 은  $\overline{T(1)_{u-r}}$ 과  $\overline{T(2)_{u-r}}$ 의 차를 두 배로 곱한 값으로  $\overline{T(1)_{u-r}}$ 은 1961년부터 1985년까지 25년간의 기온평균값,  $\overline{T(2)_{u-r}}$ 은 1986년부터 2010년까지 25년간의 기온평균값이다.  $i$ 는 1961년부터 2010년까지의 기간이다.  $T_i$ 는 연평균이나 월평균 기온을 의미한다. 위의 식을 통해 구해진 기온값( $T'_i$ )은 도시화에 따른 기온상승과 추세를 제거한 값을 의미한다.

### 3. 결과 및 고찰

부산의 일최저기온 자료를 이용하여 연평균 값의 경년변화와 도시화효과를 살펴보고, 인구 및 토지이용, 인간문화 활동 등의 요인과의 상관관계를 파악하였다.

#### 3.1. 일최저기온의 경년변화

부산과 목포의 기상자료로부터 지난 50년(1961-2010년)간의 연평균 일최저기온의 경년변화를 Fig. 1

**Table 1.** Geographical characteristics (longitude, latitude, height) and history of their relocations

Station	Longitude	Latitude	Height(m)	Meteorological station circumstance
Busan	129°02′	35°06′	69.2	SR in 1904, 1906, 1934
Mokpo	126°22′	34°49′	36.5	SR in 1904, 1906, 1929, 1964

SR: station relocation

에 나타내었다. 부산의 경우 1985년 이전에는 약 10.8℃로 일최저기온의 변화가 거의 없었으나, 1986년 이후 약 0.8℃이상 상승하였음을 확인할 수 있었다. 목포의 경우는 1985년 이전에는 감소하다가 1986년 이후 부산과 마찬가지로 증가하는 경향을 볼 수 있는데, 그 증가폭은 부산에 비해 매우 낮았다. 부산의 변동 분기점은 도시가 광역화 된 시기와 잘 일치한다.

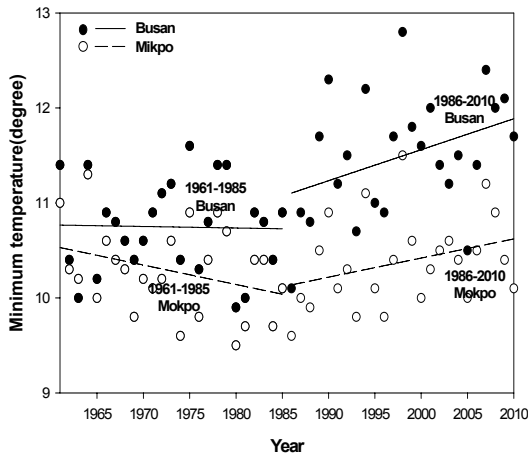


Fig. 1. Long-term change of annual mean minimum temperature during 50 years(1961 to 2010) in Busan(solid line) and Mokpo(dashed line).

3.2. 도시화효과의 경년변화

1961년부터 2010년까지 50년간 부산의 일최저기온의 증가경향을 살펴보면 1989년 이후 급격히 증가함을 Fig. 1을 통해 확인할 수 있었다.

도시화효과에 의한 기온상승이 제거된 기온값을 추정하기 위하여 식(1)에 제시한  $\overline{T_{u-r}}$ 와  $\Delta T_{u-r}$ 을 계산하였다(Table 2). 일최저기온의  $\overline{T_{u-r}}$ 은 약 0.79로 나타났으며,  $\Delta T_{u-r}$ 의 값은 1.30으로 양의 값을 나타내었다.

도시화효과 전후의 기온변화에 대하여 지난 50년간의 일최저기온의 평균시계열 변화를 통하여 살펴보았다(Fig. 1). 도시화효과 보정 후에는 기온상승 경향은 거의 없었다. Table 3은 도시화효과 보정 전후의 증가량을 Fig. 2를 통해 확인하고 제시한 값이다. 지난 50년간(1961-2010)의 연평균 일최저기온의 약 1.2℃ 증가하였으나, 도시화를 제거한 후 약 0.2℃ 증가하였

다. 전체 기온증가에 도시화가 차지하는 비율은 약 83%로 높게 나타났다. 이러한 결과는 도시열섬의 가장 큰 영향은 일최저기온의 상승이라고 밝힌 바 있는 Baek과 Kwon (1994)의 결과와 일치한다.

Table 2. Estimates of 50 years mean magnitude( $\overline{T_{u-r}}$  and trend( $\Delta T_{u-r}$ )) of daily minimum temperature in Busan

Daily minimum temperature(℃)	
$\overline{T_{u-r}}$	0.79
$\Delta T_{u-r}$	1.30

Table 3. Estimates of 50 years trend(℃) in annual daily maximum and average and minimum temperature series of Busan after (adjusted) and before (original) the correction, 1961- 2010

Daily minimum temperature(℃)	
Original temperature (℃)	1.2
Adjusted temperature (℃)	0.2
Urbanization (%)	83

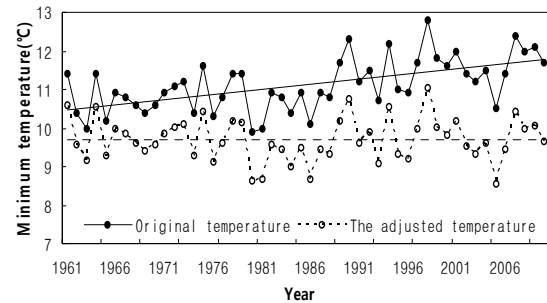


Fig. 2. Annual minimum temperature of Busan after (adjusted) and before (original) the correction, 1961-2010.

3.3. 도시화효과와 도시규모와의 관계

도시화 효과가 도시규모에 의해 좌우되는 것에 대하여 지금까지의 연구에서는 인구나 도시면적을 도시 규모 공통 지표로 보고 연구해 왔다(Fukuoka, 1983). 또한 도시 중심부에 가까울수록 도시화의 영향이 강하게 나타나기 때문에 인구밀집지역의 면적이나 인구가 도시화 효과와 높은 상관성을 가지는 것으로 보고 하였다(Noguchi, 1994; Wei 등, 2001).

따라서 다음은 부산을 대상으로 1961~2010년의 인구수와 도시면적에 대해 도시화효과와의 상관관계를 살펴보았다.

먼저 부산의 지난 50년(1961~2010년)간의 인구증가와 도시면적 증가에 따른 경년변화를 Fig. 3에 나타내었다. 부산의 인구수는 1990년 이후 계속해서 감소하였으나 2010년 이후 증가하고 있음을 알 수 있다. 1990년 이후 부산의 인구감소는 저출산의 이유도 있겠지만, 부산 경제를 지탱해왔던 전통적인 제조업, 특히 노동집약적인 산업이 국제 경쟁력에서 밀려난 것과 같이 지역경제의 약화로 인해 타 지역으로 인구가동이 있었기 때문이다. 그러나 2010년 이후 부산시에서 저출산 대책 추진과 녹산공단, 산업단지의 지속적

인 조성, 첨단기업 유치 및 부산경제 증흥을 위한 10대 비전 사업을 실시하여 지역경기진전과 일자리 확충, 광역교통망 확충, 서민주거환경 개선의 결과로 인해 1990년 이후 처음으로 증가경향을 나타내기 시작하였다. 도시면적은 인구수와는 달리 꾸준히 증가하고 있으며 1995년 기장군의 부산편입으로 인해 도시가 광역화 되었다. 면적의 증가율을 살펴보면 1961년 대비 3.18배 증가하였다.

다음으로 인구증가 및 도시면적 증가가 도시화효과와 어떠한 상관관계를 가지고 있는지 1985년을 기준으로 전후로 나누어 Fig. 4에 제시하였다. 부산은 도시화가 진행되고 있는 다른 도시와 마찬가지로 인구증가 및 도시면적의 확대와 함께 도시화효과가 증가하였다. Fig. 4(a)를 통해 인구증가와 도시화효과와의 상관관계를 살펴보았다. 1985년 이전은 0.96으로 높은 상관관계를 보였으나, 1985년 이후에는 0.19로 낮은 상관관계를 나타내었다. 1985년 이후 낮은 상관성을 나타낸 이유는 1990년 이후 부산의 인구감소에 따른 인간활동의 감소에 기인한 것으로 판단된다. 또한 도시면적 증가와 도시화효과와의 상관관계(Fig. 4(b))를 살펴보면 1985년 전후로 0.64와 0.79의 높은 상관관계를 나타내었다. 이러한 사실은 Noguchi(1994)가 발표한 도시화효과는 도시가 발달할수록 강해지기 때문에 인구밀집지역의 면적이나 인구와 높은 상관관계를 나타낸다는 결과와 잘 일치하는 결과이다.

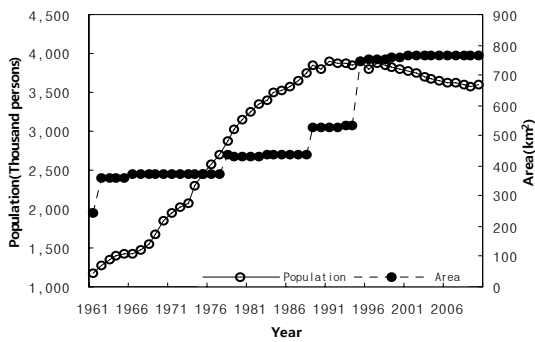


Fig. 3. Long-term change of population and area during 50 years(1961 to 2010) in Busan.

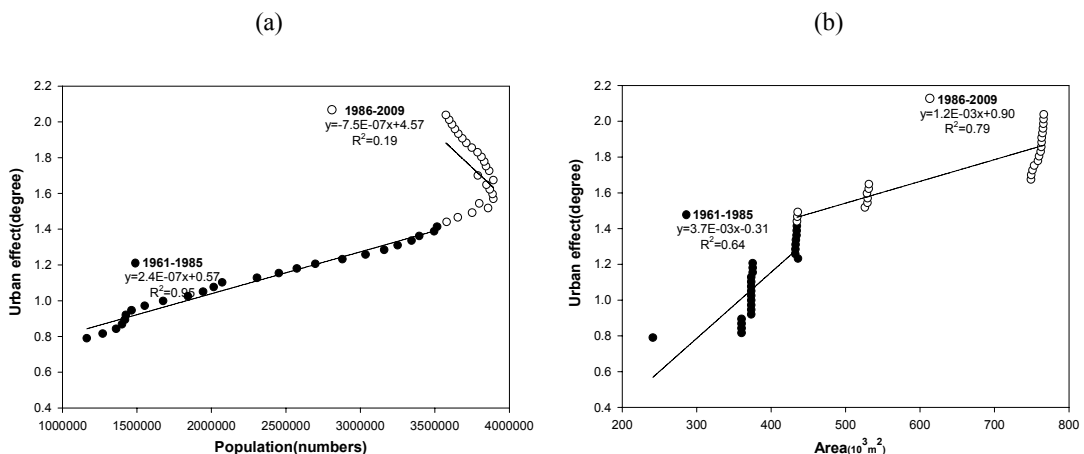


Fig. 4. Correlation analysis between the population and urban area in respect of urban effect.

3.4. 도시화효과와 토지피복과의 관계

일반적으로 도시화효과는 도심으로 갈수록 강해지고 인구밀집지역의 면적이나, 인구 증가와 높은 상관관계가 있음을 위의 내용(Figs. 3과 4)에서 확인할 수 있었다.

한편 부산의 장기적인 토지이용도 변화를 제시하고 도시화 효과와의 상관성을 조사한 결과는 다음과 같다. 본 연구에 이용된 자료는 수자원관리종합시스템(WAMIS)에서 Landsat 영상을 처리하여 제공한 지형공간 래스터 자료를 이용하였다. 자료의 공간해상도는 1975년, 1980년, 1985년은 30 m×30 m, 1990년, 2000년, 2008년은 60 m×60 m 이다. 이렇게 조사된 토지이용도의 항목별 변화를 Table 4에 제시하였다. 도표에 제시된 숫자는 연도별 각 카테고리가 차지하는 비율을 나타낸 것이고, 괄호에 나타낸 숫자는 1975년을 100

으로 보았을 때의 상대적 비율을 나타낸 것이다.

부산의 인공구조물로 이루어진 시가지화 건조지역의 증가는 주로 삼림지역과 초지면적의 감소에 의한 것으로 1975년 전체면적의 62%를 차지하던 면적이 2008년의 경우 전체 면적의 49%를 차지하여 13%가 도시면적으로 전용되었음을 확인할 수 있었다. 또한 도시면적의 증가율은 1975년 대비 2배 이상 증가하였음을 알 수 있었다.

이러한 토지피복의 변화가 도시기후 변화에 얼마나 영향을 미치는지 알아보기 위하여 도시화효과와 시가지화 건조지역의 면적증가량과 녹지면적의 감소량과의 상관관계를 살펴보았다(Fig. 5). Fig. 5(a)와 5(b)를 통해 도시면적 증가(0.97)는 및 녹지면적의 감소(0.92)가 도시화효과에 높은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

Table 4. Land-use alteration during recent 35 years in Busan. Above numerals are relative proportion(%) compared with total area. Lower numerals indicate relative proportion(%) compared with 100% of 1975

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2008
Urban and built-up area	14 (100)	18 (129)	19 (136)	21 (150)	23 (164)	26 (186)	27 (193)	29 (207)
Paddy field	14 (100)	14 (100)	14 (100)	14 (100)	14 (100)	13 (93)	12 (86)	12 (86)
Dry field	5 (100)	4 (80)	4 (80)	3 (60)	4 (80)	3 (60)	3 (60)	3 (60)
Mountains and forests and grassland	62 (100)	56 (90)	55 (89)	53 (85)	51 (82)	49 (79)	49 (79)	49 (79)
Waters	5 (100)	8 (160)	8 (160)	8 (160)	8 (160)	8 (160)	8 (160)	8 (160)

(a)

(b)

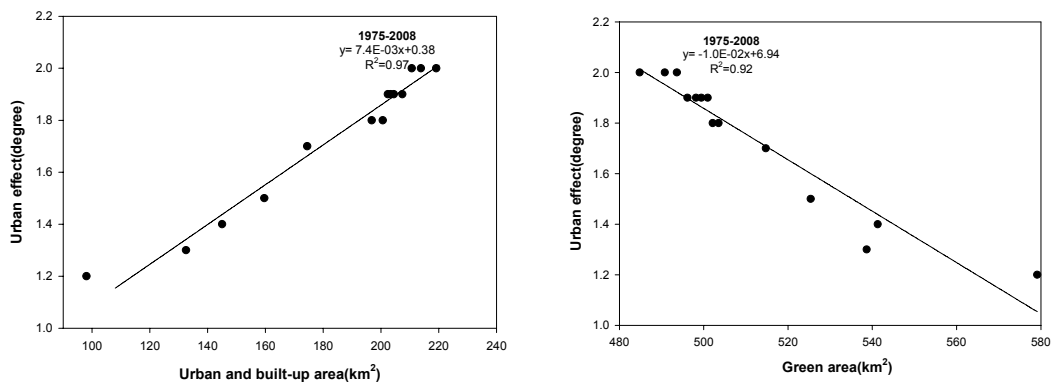


Fig. 5. Correlation analysis between the urban and built-up area and green area in respect of urban effect.

3.5. 도시화효과와 인간 활동과의 관계

도시화의 원인으로는 도시의 입지조건, 인구 및 도시 규모, 토지피복의 변화 등 외에도 도시에서 이루어지는 인간의 활동(생활 활동과 경제활동)을 생각할 수 있다. 그런데 인간의 활동은 그 자체가 매우 복잡하고 그것을 지표화 하여 기상요소와의 관계를 조사한다는 것은 지표의 선택에 임의성이 있기 때문에 선택한 지표와 기상요소의 관계를 충분히 해석을 할 수 없다는 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 도시의 기상 요소에 영향을 미칠 수 있는 가능성이 있는 인간 활동으로서 첫째 도로·교통 상황을 고려하기 위하여 도로 길이와 자동차

의 증가량, 둘째 전력사용량, 셋째 인간 활동의 빈도와 정도를 파악하기 위하여 소비활동시 지불된 가격의 평균변동으로 측정된 소비자물가지수 등 3가지 요인을 선택하여 도시화효과와의 상관관계를 살펴보았다. 각 요소의 유의성은 P값이 0.0001이하로 유의수준을 만족하였다. 상관관계는 Fig. 6의 요소 중 소비자물가지수(0.97)가 가장 높았고, 다음으로 자동차등록대수(0.89), 전력사용량(0.75), 도로 길이(0.58) 순이었다. 소비자물가지수가 다른 요소들에 비해 높은 상관성을 나타내는 이유는 소비자물가지수 산정이 2005년의 시장바구니 금액을 100으로 기준하여 동일한 시장바구니의 금액과 비교하여 수치화하는 방법을 사용했기 때문으로 판단된다.

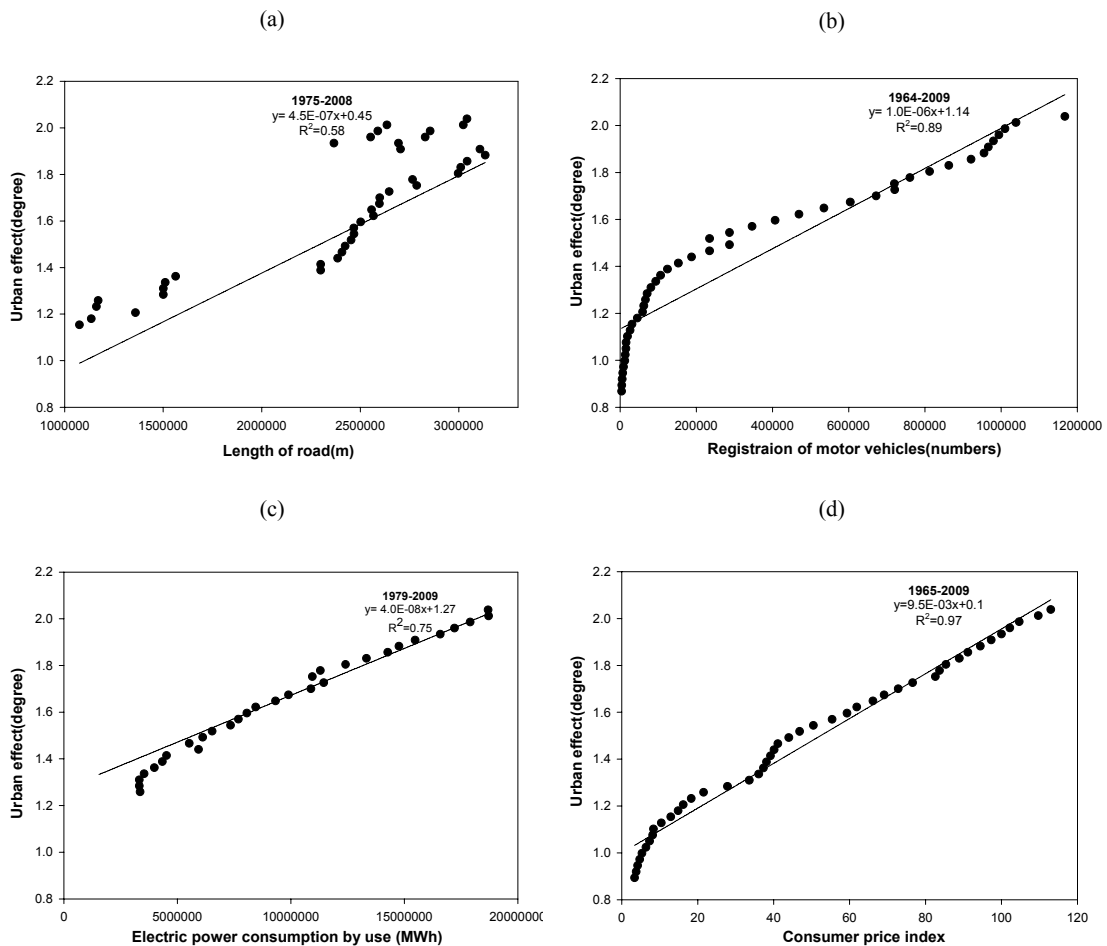


Fig. 6. Correlation analysis between human activities and urbanization in respect of urban effect.

#### 4. 결론

부산을 대상으로 과거 50년(1961-2010년)간의 일최저기온을 이용한 도시화효과와 도시화의 원인인 도시인구증가와 도시규모의 증가, 토지피복의 변화, 인간문화 및 경제활동 등을 파악하여 도시화효과와 도시화 원인들 간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 지난 50년간(1961-2010)의 일최저기온과 도시화효과의 경년변화를 살펴보았다. 먼저 부산의 경우 1985년 이전에는 약 10.8℃로 거의 변화가 없었으나, 1986년 이후 약 0.8℃이상 상승하였다. 목포의 경우는 1985년 이전에는 감소하다가 1986년 이후 증가하는 경향을 볼 수 있는데, 그 증가폭은 부산에 비해 매우 낮았다. 또한 부산은 도시화효과로 인한 연평균 일최저기온은 약 1.2℃ 증가하였으나, 도시화를 제거한 후 약 0.2℃ 증가함을 알 수 있었다. 이는 지구온난화에 의한 것으로 판단되며, Kim 등(1999)의 연구결과와 같이 총 기온증가량 중 도시화 효과에 의한 증가량을 제외한 값은 온실효과에 의한 기온증가량으로 판단한 것과 잘 일치한다.

둘째, 부산은 도시화가 진행되고 있는 다른 도시와 마찬가지로 인구증가 및 도시면적의 확대와 함께 도시화효과가 증가함을 알 수 있었다. 먼저 인구증가와 도시화효과와의 상관관계를 살펴보면 1985년 이전에 0.96으로 높은 상관관계를, 1985년 이후에는 0.19로 낮은 상관관계를 나타내었다. 1985년 이후 낮은 상관관계를 보인 것은 부산의 인구감소에 기인한 것으로 판단된다. 또한 도시면적 증가와 도시화효과와의 상관관계는 1985년 전후로 0.64와 0.79의 높은 상관관계를 나타내었다. 이러한 사실은 Noguchi(1994)가 발표한 도시화효과는 도시가 발달할수록 강해지기 때문에 인구밀집지역의 면적이나 인구와 높은 상관관계를 나타낸다는 결과와 잘 일치하는 결과이다.

셋째, 장기적 토지이용도 변화와 도시화효과와의 상관관계를 살펴보았다. 우선 토지이용도의 변화는 시가화 건조지역의 증가는 주로 삼림지역과 초지면적의 감소에 의한 것으로 1975년과 2008년을 비교하여 보면 13%가 도시면적으로 전용되었고, 증가율은 1975년 대비 2배 이상 증가하였음을 알 수 있었다.

또한 도시면적 증가(0.97) 및 녹지면적의 감소(0.92)가 도시화효과에 높은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

넷째, 도시의 기상 요소에 영향을 미칠 수 있는 가능성이 있는 인간 활동으로서 도로·교통 상황을 고려하기 위하여 도로 길이와 자동차의 증가량, 전력사용량, 인간 활동의 빈도와 정도를 파악하기 위하여 소비활동시 지불된 가격의 평균변동으로 측정된 소비자물가지수 등 3가지 요인을 선택하여 도시화효과와의 상관관계를 살펴보았다. 각 요소의 유의성은 P값이 0.0001이하로 유의수준을 만족하였으며, 상관관계는 소비자물가지수(0.97)가 가장 높았고, 다음으로 자동차등록대수(0.89), 전력사용량(0.75), 도로 길이(0.58) 순이었다.

본 연구는 일최저기온을 이용하여 도시화효과와 도시화 원인과의 상관관계를 분석하였다. 기존의 연구에서는 부산의 도시화에 따른 기온증가량에 의한 도시화효과를 제시하는 것이 대부분이며, 도시화효과와 도시화 원인과의 상관관계를 분석한 연구는 많지 않지만, Wei 등(2001)이 본 연구와 같이 중국 선전(深圳, 도시화 진척지역)과 산웨이(汕尾, 도시화 미진척 지역)를 대상으로 한 급격한 도시화가 도시기후에 미치는 영향을 도시화 효과와 여러 도시화 요인과의 관계를 통해 분석한 바는 있다.

위의 내용과 같이 본 연구에서는 부산을 대상으로 급격한 도시화에 의한 도시화 효과와 도시화 요인과의 상관관계를 살펴보았다. 그러나 도시화 원인 중 인공열의 증가와 토지피복에서의 지표면 알베도 변화 그리고 인간활동의 지표인 국내총생산(GDP)를 대상으로는 1960년 이후 자료가 확보되지 않아 상관관계를 분석하지는 못하였다. 따라서 향후 기온자료를 이용하여 경년변화와는 다른 양상을 보일 것으로 판단되는 도시화효과의 계절적 변화를 살펴보고, 본 연구에서 제시하지 못한 도시화 원인(인공열의 증가, 지표면 알베도 변화, 국내총생산, 총괄적 에너지 사용량) 및 다른 기상요소(풍향, 풍속, 일사량, 상대습도 등)와의 관계를 추가적으로 분석하고자 한다.



### 감사의 글

본 연구는 국립수산과학원 첨단 해양탐사 시스템 활용 한반도 주변 해양변동 조사 및 운영(RP-2012-ME-055)사업의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- Baek, H. J., Kwon, W. T., 1994, Trend of surface air temperature due to urbanization in Korea, *J. Atmos. Res.*, 11(1), 12-26.
- Byun, J. H., 1998, Urbanization of Busan, Master thesis, Busan women's college.
- Choi, Y. E., Jung, H. S., Nam, K. Y., Kwon, W. T., 2003, Adjusting urban bias in the regional mean surface temperature series of South Korea, 1968-99, *Int. J. Climatol.*, 23, 577-591.
- Fujibe, F., 2009, Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan, *Int. J. Climatol.*, 29, 1811-1822.
- Fujibe, F., 2010, Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring, *Int. J. Climatol.*, Early View, doi : 10.1002/joc.2142.
- Fukuoka, Y., 1983, Physical climatological discussion on causal factors of urban temperature, *Memoirs of The Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Ser. IV*, 8, 157-178.
- Ichinose, T., 1997, International conference concerning urban climatology(ICUC'96), *Tenki*, 44, 137-141.
- Karl, T. R., Dias, H. F., Kukla, H., 1988, Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. *J. Climate*, 1, 1099-1123.
- Kim, H. D., 1999, Trend analysis of the degree days owing to global warming in major Korean cities, *J. Korean Earth Sci. Soc.*, 20, 620-624.
- Kim, H. D., 2003, Study on the long-term change of urban climate in Daegu, *J. Environ. Sci.*, 12(7), 697-704.
- Kim, M. K., Kang, I. S., Kwak, C. H., 1999, The estimation of urban warming amounts due to urbanization in Korea for the recent 40 years, *J. Korean Meteor. Soc.*, 35(1), 118-126.
- Koo, G. S., Boo, K. O., Kwon, W. T., 2007, The estimation of urbanization effect in global warming over Korea using daily maximum and minimum temperature, *J. Korean Meteor. Soc.*, 17(2), 185-193.
- Lee, M. I., Kang, I. S., 1997, Temperature variability and warming trend in Korea associated with global warming, *J. Korean Meteor. Soc.*, 33(3), 429-443.
- Noguchi, Y., 1994, The impact of urbanization by long-term change in daily maximum and minimum temperatures, *Tenki*, 41, 123-135.
- Park, H. M., Baek, T. K., 2009, Progress and land-use characteristics of urban sprawl in Busan metropolitan city using remote sensing and GIS, *J. Korean Assoc. Geogr. Inf. Stud.*, 12(2), 22-33.
- Park, H. S., 1987, The heat island intensity and urban size of various cities in Japan and Korea, *Geogr. Rev.*, 60, 238-250.
- Park, M. H., Lee, J. S., Ahn, J. S., Suh, Y. S., Han, I. S., Kim, H. D., 2012, Study on the climate change and the urbanization effect in Busan, *J. Environ. Sci.*, 21(4), 401-409.
- Wei, G., Hayakawa, S., Li, N., Ma, N., 2001, The Change of the Urban Climate with the Rapid Urbanization -For Instance in Shenzhen City of China-, *Tenki*, 48(8), 523- 533.
- Woo, I. J., 1996, Urbanization of Jeonju city:1960~1993, Master thesis, Korea university.
- Youkio, O., Ken, H., 1976, A proposed method of eliminating urban effects from climatological data obtained at stations in big cities, *J. Agr. Met.*, 35(2), 93-96.
- Youkio, O., Ken, H., 1980, A proposed method of eliminating urban effects from climatological data obtained at stations in big cities (2), *J. Agr. Met.*, 36(3), 203-206.