

지난 40년간 한반도 기온의 시·공간적 분포 변화에 관한 연구*

김남신¹ · 김경순^{1*}

A Study on Changes of the Spatio-Temporal Distribution of Temperature in Korea Peninsular During the Past 40 Years*

Nam-Shin KIM¹ · Gyung-Soon KIM^{1*}

요 약

본 연구는 한반도 기온변화를 분석하여 기후대의 변화와 도시지역에서의 기온분포의 시·공간적 특성을 파악하고자 하였다. 분석에 사용된 자료는 1974년부터 2007년까지 34년간 남북 기상관측소에서 수집된 자료를 활용하였다. 기온은 고도와 선형관계를 갖기 때문에 고도별 월별 기온단열감율을 계산하여 역거리가중법으로 500m 해상도의 분포도를 작성하였다. 도시화 지역에서의 자료는 연도별 인구변화와 기온변화를 비교분석하였다. 온량지수로 구분한 기후대는 남부기후구가 90년대 이후 위도가 크게 상승하는 것으로 분석되었다. 도시지역의 평균기온상승은 80년대와 90년대에 0.5~1.2°C 상승한 것으로 분석되었다. 기온 상승은 서울과 광역시 그리고 시단위 지역에서 나타났는데 이들 지역은 80년대와 90년대에 인구증가와 더불어 도시화와 산업화의 속도가 빠르게 진행된 지역이다. 북한의 경우는 평양, 안주시, 개천시, 해산시에서도 인구증가와 더불어 기온상승 효과가 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 기온변화, 기온단열감율, 도시화, 온량지수, 기후구

ABSTRACT

This study is to construe the spatio-temporal characteristics of temperature in cities and the changes of climatological regions by analyzing a climate change in Korea peninsular. We used daily mean air temperature data which were collected in South and North climate stations for the past 34 years from 1974 to 2007. We created temperature maps of 500m resolution with Inverse Distance Weight in application with adiabatic lapse rate per month in linear relation with height and temperature. In the urbanization area,

2013년 8월 24일 접수 Received on August 24, 2013 / 2013년 9월 26일 수정 Revised on September 26, 2013 / 2013년 10월 8일 심사완료 Accepted on October 8, 2013

* 본 연구는 2012년도 환경부 "국가장기생태연구"사업의 지원으로 수행되었음.

1 국립생태원 운영관리팀 Operation & Management Team, National Institute of Ecology

* Corresponding Author E-mail : kimks@swu.ac.kr

the data analyzed population in comparison with temperature changes by the year. The south climate region in Korea by the Warmth index was expanded to the middle climate region by the latitude after 1990s. A rise of mean temperature was 0.5~1.2°C in urban areas such as Seoul, metropolitan and cities which had a rapid urbanization and industrialization with the population increase between 1980s and 1990s. In case of North Korea, cities such as Pyeongyang, Anju, Gaecheon, and Hesan had the same pattern.

KEYWORDS : *Temperature Change, Adiabatic Lapse Rate, Urbanization, Warmth Index, Climate Regions*

서 론

오늘날 지구에는 열수리적인 균형 변화로 세계 곳곳에 환경문제가 발생되고 있다. 열수리 변화의 가장 큰 결과는 지구온난화로 나타나고 있다. 지구온난화는 기후대의 상승, 사막화, 빙하후퇴 및 해수면상승, 각종 기상이변, 엘니뇨, 식생대의 변화, 동식물 서식처의 감소 등 다양한 문제를 일으킨다(IPCC, 2007).

기후변화에 따른 환경문제는 스케일에 따라 접근을 달리할 수 있다(Tricart and KiewietdeJonge, 1992). 글로벌 스케일에서 기후변화는 위도대, 대륙과 해양의 규모에 따라 시나리오에 의한 현재와 미래를 설명하고 대안을 찾으려 한다(Kwon, 2005; Kwon *et al.*, 2007; Kwon *et al.*, 2008). 이에 반해 국지적인 스케일에서는 지구온난화에 따른 지역 내에서의 변화 즉, 동식물 변화, 도시의 기후 현상, 농업, 해안지형 변화 등을 다루고 있다(Yun, 2006).

지구적인 스케일에서는 기후현상에 대해 국가간의 공동 노력으로, 인과관계를 설명하기 위해 방대한 양의 시·공간적 자료를 축적하고 분석하고 있다. 수집된 자료들은 전체적으로 변화 경향이 일관성을 보이지만 지역적 스케일에서는 시·공간에 따라 복잡하게 나타날 수 있다.

국지적인 스케일에서의 기후변화는 우리의 일상생활에 직접 영향을 미치기 때문에 정교한 연구가 요구된다. 기온변화에 가장 민감한 지구의 토양·생물학적 요소들로는 식생, 미생물, 동

물, 토양 등이 있다. 식생과 토양 등은 위도대 별로 보면 일치하는 패턴을 보이지만 지역적인 단위에서는 일치하지 않는 경향을 갖는다(Viles, 1988). 이는 지역의 인문·자연 지리적 공간현상의 영향 때문이다(Tricart and KiewietdeJonge, 1992; Ganderton and Coker, 2005).

기후변화가 환경에 미치는 영향을 효과적으로 파악하기 위해 대상(index)을 정하여 장기적인 관찰이 필요하다. 이에 대해 미주와 유럽 및 아시아 여러 나라에서는 10여년 동안 장기 생태 연구(long term ecological research)를 통해 학제간 국가간 연구를 수행 중에 있다(David *et al.*, 2003). 이를 통해 지표를 찾아 기후변화에 따른 환경문제를 설명하고 예측하려는 노력을 하고 있는 중이다. 따라서 기후변화에 대한 연구는 특정 시점의 자료보다는 누적적인 자료의 확보가 필요하다.

지구온난화에 따른 기온이나 강수 현상은 수렴되어 나타나고 있지만 지역적인 단위에서 도시화와 지형적인 요인들이 국지적 기후현상에 영향을 미치고 있다(Johnson, 2008). 이들 인자들은 지역적인 단위에서 승온 및 감온 효과를 준다. 승온효과로서 도시화는 인구의 집중으로 인한 토지이용과 그에 따른 온실가스의 배출이 높아지기 때문에 도시지역의 기온변화에 큰 영향을 준다고 볼 수 있다. 또한 우리나라와 같이 도시의 토지이용이 고밀도 고층화되면서 바람길 차단에 의한 표층대기 순환이 차단되어 도시기후의 상승을 촉진시키기도 한다. 감온효과로서는 고도, 해양, 위도 등이 있는데 지역적인 단위

에서 고도는 감온효과에 가장 큰 요인으로 작용한다(Choi and Yun, 2002; Yun, 2006).

본 연구는 한반도 기온변화와 온량지수 변화의 시·공간적 분포패턴을 파악하고 도시지역에서의 기온변화 경향을 파악하고자 한다. 연구 결과는 지역적 단위에서 장기적인 기온상승 효과에 따른 식생과 농업환경 변화에 대한 예측과 문제해결에 기여할 것으로 기대된다.

선행연구 및 연구방법

1. 선행연구

Lee et al.(2008)는 나주지역을 사례로 기후변화가 농업생태에 미치는 영향에 관한 연구를 통해 기온상승에 따라 벼는 수확이 감소하는 반면 보리는 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 저온성 작물들인 배추와 무우는 기온 상승에 따라 생육이 저하되는 반면 고온성 작물인 고추는 생육에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 예측하고 있다. Kwon et al.(2008)은 지구온난화에 대한 A1B 시나리오를 통해 봄과 겨울의 시작일은 위도, 지형, 해양의 영향을 많이 받으나 여름과 가을의 시작일은 해양과 지형의 영향을 받는 것으로 분석되었다. 연구결과 겨울철은 짧아지고 여름철은 길어지는 것으로 전망되었다. Yun(2006)은 기후변화에 따른 벚꽃 개화일의 시·공간적 변이에 관한 연구 방법에서 기후자료의 고도와 인구분포를 고려한 도시지역의 인구밀도기후도를 작성하는 방법을 고안하였다. Choi and Yun(2002)은 도시효과를 고려한 일 최저기온의 월별 평년값 분포 추정을 위한 방법적인 연구에서 토지피복 및 인구수치모형을 개발하여 최적기온 추정 오차를 50% 감소시켰다. Choi(2005)는 한국 난·냉방도일의 시·공간적 분포특성 변화에 관한 연구에서 30년간의 기후자료 분석결과 냉난방도일이 짧아지고 있음을 확인하였다. Kong(2006)은 소나무과 식물의 생태연구를 통해 수평적 수직적 분포, 고환경과 관련한 생태적 특성을 파악하여 과거 및 현재, 미래의 소나무

과 식물의 자연생태사를 해석하고자 하였다.

2. 연구자료

연구에 사용된 자료는 남북한 기온자료, 행정구역도, 인구통계, 수치고도모형을 사용하였다. 한반도 전체에 대한 기온분포를 분석하기 위해 관측소 위치가 골고루 분포하는 시점인 1974년 이후의 118개 관측소의 기상자료를 이용했다(그림 1). 기상 자료는 일별 기온자료를 월평균에 기초하여 연간평균을 분석하였다.

행정구역도와 인구자료는 남북한 구시단위를 사용하여 기온분포의 시단위 지역변화와 인구변동 관계를 살펴보기 위해 사용하였다. 남한의 인구는 1980년, 1990년, 2000년, 2005년 시군구 인구자료를 사용하였지만 북한의 경우 인구자료 확보가 어려워 1993년, 2000년 시도단위의 인구자료를 이용하였다.

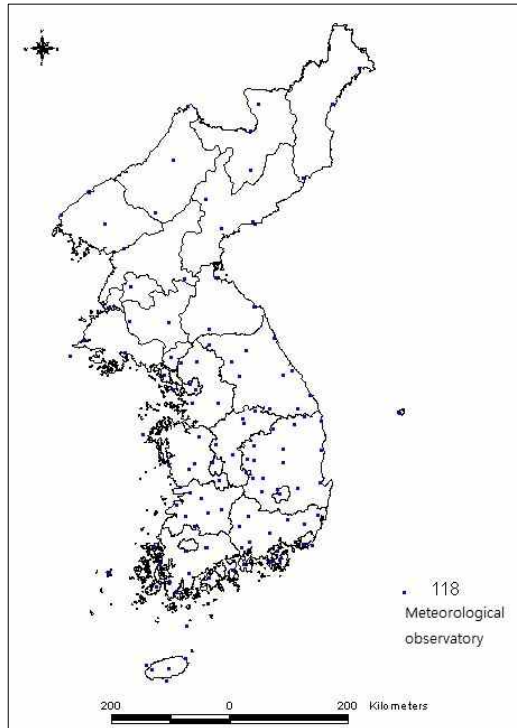


FIGURE 1. Weather stations of Korea

수치고도모델은 미국 육군지도청(DMA: defense mapping agency)의 포맷으로 제작된 수치고도모델인 DTED level 2를 사용하였다. DTED2는 해상도 30m로 1:50,000으로 남북이 제작되어 있다. DTED2는 자료변환을 거쳐 황측메르카토르(TM), meter 단위로 전환하였다. 투영이 완료된 수치고도모델은 500m 해상도로 재분류하여 기온분석에 사용하였다.

3. 연구방법

연구방법 및 절차는 그림 2와 같이 진행하였다. 기온자료는 관측소의 위치와 고도 정보를 이용하여 공간자료로 전환하였다. 기온자료의 보간은 역거리가중법(IDW)으로 보간하였다. 기온자료의 보간은 고도에 따른 감온효과를 고려해야하기 때문에 기온단열감율(adiabatic lapse rate)를 적용해야 한다. 기온단열감율은 이론적으로 대기의 연직상태에서 건조단열감율은 0.01°Cm⁻¹, 습윤단열감율 0.005°Cm⁻¹로 감소하지만 고도, 경사, 위도, 해양, 계절에 따라 실질적으로 다르게 감소한다.

본 연구에서는 감율에 가장 크게 영향을 미치는 관측지점의 고도와 기온분포를 이용하여 해발고도 100m이상인 지역 34개소를 선정하여 선형회기식에 의한 월별 기온단열감율을 계산하였다(표 1).

기온단열감율에 의한 고도에 따른 IDW의 보간은 아래와 같이 계산하였다(식 1).

$$T_j = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{d_{ij}^n} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_{ij}^n} \right)} + LRM \times DEM \quad (1)$$

여기서 T_i 관측소 기온, d_{ij} 관측소로부터의 거리, LRM: 월별기온단열감율, DEM: 수치고도 모델이다.

연구결과

1. 기온분포와 기후대 변화의 특징

기온분포의 변화는 1974년 2006년까지 분석하였다(그림 3, 4). 전체적으로는 80년대와 2000년대에 변동폭이 약간 높은 것으로 나타났다.

기온분포의 변화는 전체적으로는 상승하는 것으로 나타나지만 실질적인 변화는 서해안과 남해안 지역을 따라서 상승지역이 나타나는 것을 알 수 있다. 이 지역은 농경지와 도시가 분포하는 지역과 대체로 일치한다. 북한의 경우는 평양, 개성, 사리원 지역을 따라 기온이 상승하

TABLE 1. The monthly adiabatic lapse rate(r² > 0.54)

Month	lapse rate(°Cm ⁻¹)
1	- 0.0096968
2	- 0.0036966
3	- 0.0053467
4	- 0.0081899
5	- 0.0068374
6	- 0.0059603
7	- 0.0063720
8	- 0.0066776
9	- 0.0080014
10	- 0.0083555
11	- 0.0086224
12	- 0.0096408

source: [http://www.wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann\(Yun, 2006\).](http://www.wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann(Yun, 2006).)

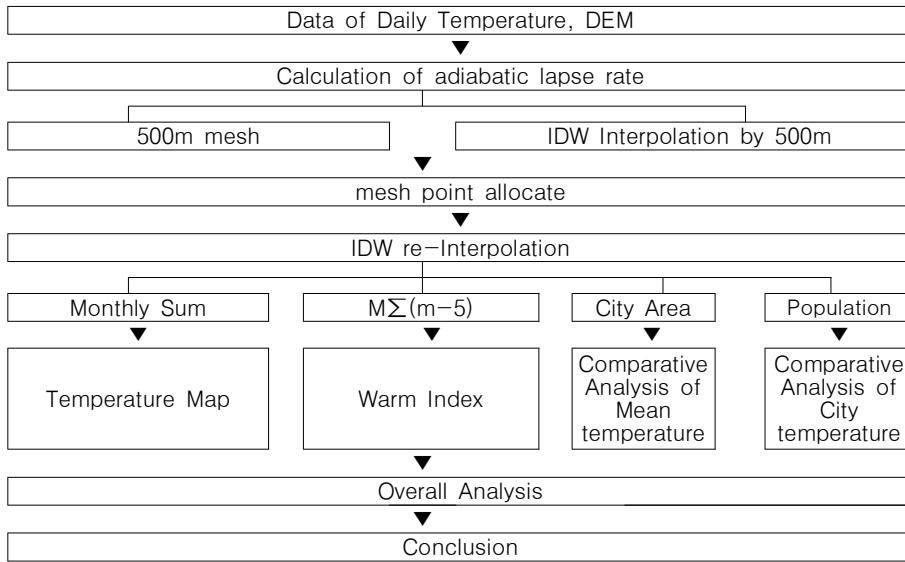


FIGURE 2. Research process and methods

는 것으로 분석되었다. 1986년 이후에는 서울과 경기도 일대 그리고 남동해안지역과 내륙을 따라 온도가 높은 지역이 뚜렷이 확대되고 있다.

기온의 분포와 식생의 분포는 일반적으로 일치한다. 대표적인 기후 구분 방법인 쾨펜에 의해 제안된 기후구분은 식생의 분포와 일치하지 않는 경향이 있다. 이를 보완하기 위해 Kira(1949)는 식생분포와 기후의 분포를 일치시키기 위해 단순하면서 효과적인 온량지수(warmth index)를 제안하였다. Kira(1949)의

온량지수는 식생분포를 결정짓는 월평균기온을 5°C로 보고 월평균 기온 중 5°C이상인 달을 합산한 것이다. 여기서 온량지수는 다음과 같이 계산된다(식 2).

$$WI = \sum_{i=1}^{12} (m - 5) \quad (2)$$

여기서 m은 월평균기온 5°C이상인 달의 평균기온, i: 월

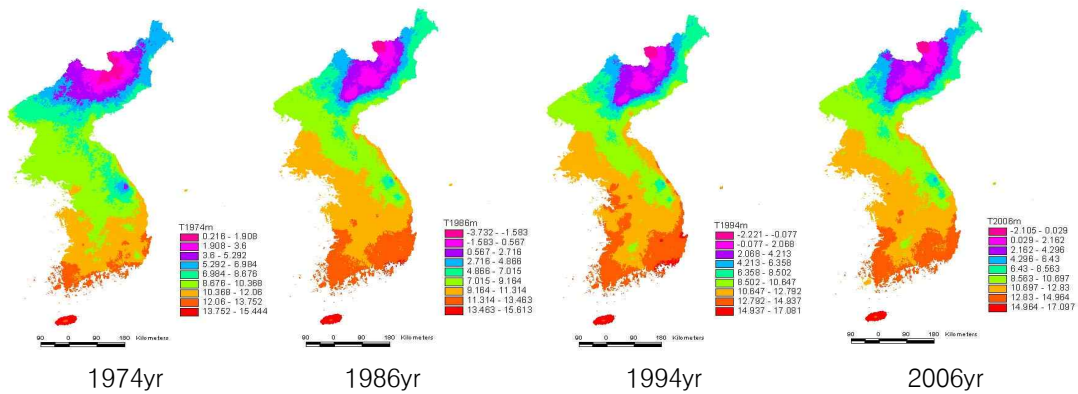


FIGURE 3. Change of temperature distribution

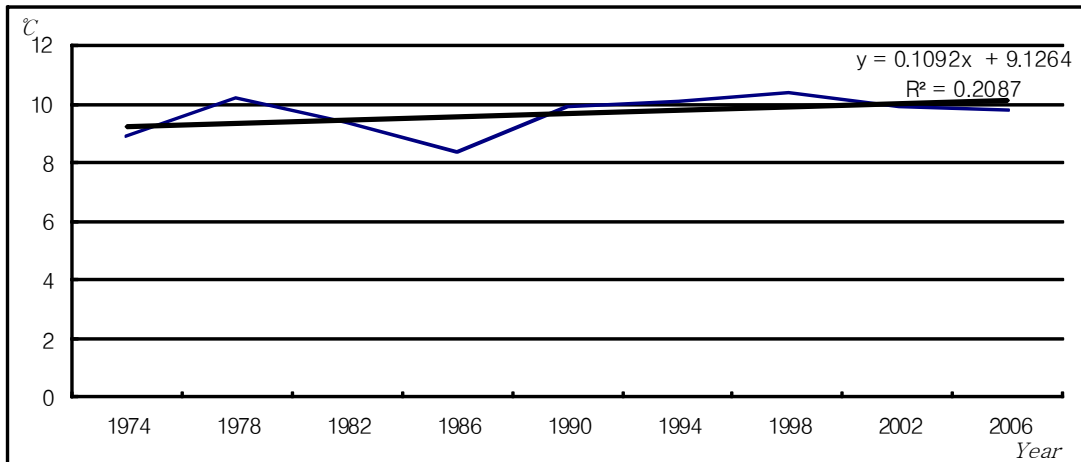


FIGURE 4. Change of temperature by year

온량지수는 기온분포의 시·공간적 변화에 따른 기후대의 변화를 분석하기 위해 사용 하였다.

온량지수에 의해 분석된 기후구분을 보면 온량지수 100이상인 남부기후가 1974년에는 남해안을 따라 나타나지만 1994년 남부기후 뿐만 아니라 중부 및 북부 기후지역까지 상승하고 있는 것으로 분석되었다(그림 5). 이러한 변화는 식생분포 및 농업에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.

2. 도시지역의 기온분포 특성

기후변화에 따라 한반도의 기온상승은 예견되고 있지만 도시화로 인한 지역적 단위에서 기온상승효과를 분석할 필요가 있다. 도시지역은 인구의 집중과 그에 따른 토지이용의 고밀화로 열섬 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 뿐만 아니라 고층화는 바람길을 차단하여 도시의 열섬효과가 가중되고 있다.

본 연구에서는 도시지역의 기온분포 변화의 특성을 살펴보기 위해 연도별 인구의 변동과 그에 따른 기온분포를 분석하였다. 여기서 인구만을 주된 인자로 채택한 것은 도시화로 인한 도시의 토지이용 변화가 인구유입을 만들기 때

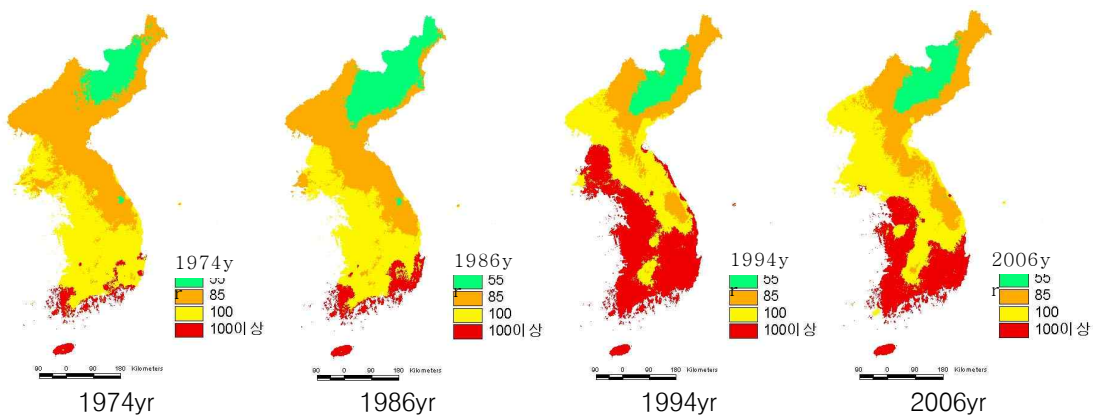


FIGURE 5. Change of warmth index

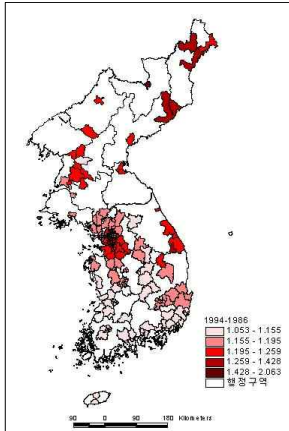


FIGURE 6. Temperature change rate of urban area for 1986-1994

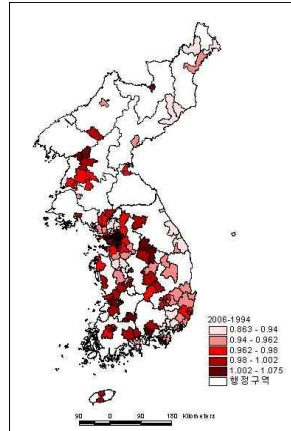


FIGURE 7. Temperature change rate of urban area for 1994-2006

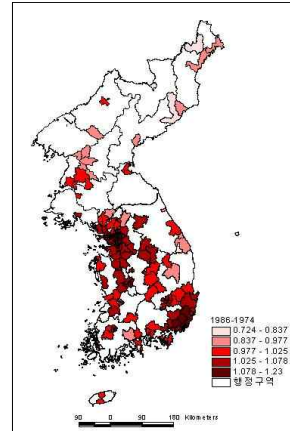


FIGURE 8. Temperature change rate of urban area for 1974-1986

문에 인구의 변화로도 도시기후의 상승효과를 어느 정도 설명 가능할 것으로 판단된다.

도시지역은 남북한 시군단위 행정구역도에서 시, 구, 광역시 194개 지역을 추출하여 평균기온 분포도에서 단위행정구역 별로 평균기온을 구하였다. 도시별 평균기온은 80년대와 90년대에 큰 차이를 보이는데, 전체적으로는 0.5-1.2℃ 상승한 것으로 분석되었다(그림 6, 7, 8).

1974-1986년의 변동은 서울경기 및 동남해안을 따라 높게 나타났다. 1986-1994년의 변동은 서울과 북한의 동해안 지역을 따라 그리고 1994-2006년의 기온변화율은 서울의 강남지역, 강원도 원주, 충북 제천, 경남 사천, 전북 김제 그리고 북한에서는 안주시, 개천시, 혜산시에서 높은 변화율을 보였다.

도시별 기온 변화율과 인구분포 변화를 비교

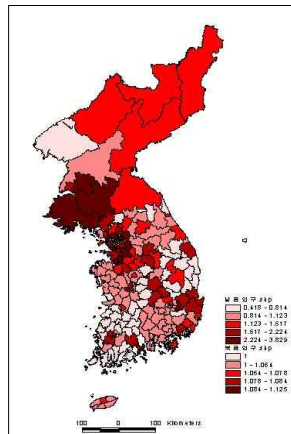


FIGURE 9. Rate of population change in 1994 and 2005

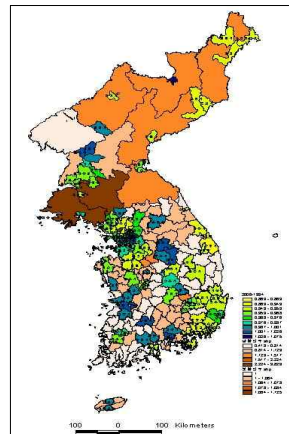


FIGURE 10. Distribution of urban population and temperature

하면(그림 9, 10) 인구집중 지역을 따라 도시의 기온 변화율이 일치하는 것으로 드러났다. 북한지역은 자료부족으로 1994년과 2000년의 도별자료를 이용하여 분석하였다. 도시기온의 변화율이 크고 넓게 확산되는 1994년과 2006년의 자료와 1994년과 2005년의 인구변화율을 비교해보면 대체로 일치하는 경향을 보인다. 이 도시들은 서울 남양주, 경기 광주, 화성, 수원, 오산, 용인, 충북의 충주, 강원도 원주, 춘천, 경북의 구미, 상주, 대구 북구, 경산시, 부산 해운대구, 광주 북구, 광산구, 진주, 대전 서구, 북한의 해주, 평양의 강동군, 안주시, 개천시, 혜산시로서 인구 증가와 더불어 기온상승 효과가 있을 것으로 판단된다.

인구변화율에 따른 기온상승이 함께 일어나고 있는 지역은 도시화에 따른 시가지의 확대 및 교외화, 산업시설의 영향에 기인할 것으로 해석된다.

인구유입에 따른 시가지지역의 기온분포의 범위를 분석하기 위해 1986년과 2006년의 도시별 평균기온만을 IDW로 재분석하였다(그림 11). 그 결과 서울을 중심으로 도시지역을 따라 상승율이 재배치되는 것을 확인할 수 있는

데, 이러한 상태가 도시지역에서 오래 지속되면 도시지역을 따라 분포하는 식생의 이상생장(lammas growth)에 영향을 줄 가능성이 있다. Lee(2008)의 연구에 따르면 소나무는 7월부터 겨울눈을 내 추운 겨울을 난 뒤 이듬해 봄에 새 가지를 틔우는데, 가을에 겨울눈을 틔우고 새 가지를 내어 버리는 이상생장이 2007년에 20곳, 2008년에는 30곳으로 점차 확대되고 있는 것으로 나타났다(그림 12).

결론

전세계의 기후변화에 한반도도 예외일수 없다. 각종 기상이변이나 생태계의 변화는 기후변화를 반영하는 지표가 된다. 기후변화는 시나리오에 의해 여러 가지 변화에 대한 예측과 대안을 찾으려는 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 기온자료를 분석하여 기후대의 분포와 도시지역에서의 기온분포의 시·공간적 특성을 파악하고자 하였다. 기온자료는 1974년부터 2007년까지 34년간 남북의 기상관측소에서 수집된 자료를 분석하였다. 기온자료의 시·공간적 보간은 고도에 대한 선형관계로서 월별 기온단열

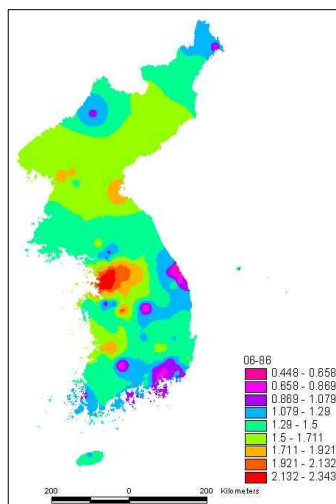


FIGURE 11. Reanalytical result of temperature distribution of urban area

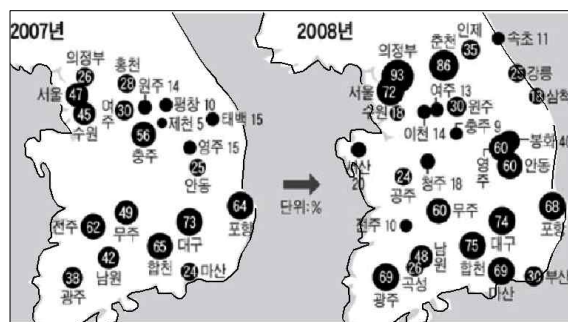



FIGURE 12. Frequency of lammas growth of *Pinus desiflora* in 2007 and 2008(<http://koyya.egloos.com/1828580>)

감율을 계산하여 역거리가중법으로 보간하였다. 기온변화에 따라 온량지수로 구분한 기후구는 남부기후구가 90년대 이후 위도가 크게 상승하는 것으로 분석되었다. 도시지역의 평균기온상승은 80년대와 90년대에 0.5-1.2℃ 상승한 것으로 분석되었다. 이는 1994년과 2006년의 자료와 1994년과 2005년의 인구변화율을 비교해보면 대체로 일치하는 경향을 보인다. 상승율이 큰 도시는 서울 남양주, 경기 광주, 화성, 수원, 오산, 용인, 충북의 충주, 강원도 원주, 춘천, 경북 구미, 상주, 대구 북구, 경산시, 부산 해운대구, 광주 북구, 광산구, 진주, 대전 서구, 북한의 경우는 평양의 강동군 안주시, 개천시, 혜산시로서 인구증가와 더불어 기온상승 효과가 있을 것으로 추정된다. 이들 도시는 도시화에 따른 시가지의 확대 및 교외화, 산업시설의 영향에 기인할 것으로 판단된다. 인구유입에 따른 시가지지역의 기온분포의 범위를 분석하기 위해 1986년과 2006년의 도시별 평균기온만을 재분석한 결과 서울을 중심으로 도시지역을 따라 상승율이 높게 나타났는데, 이들 도시지역에서는 소나무의 이상생장이 현재 확인되고 있다. 앞으로 기후변화에 대한 보다 정교한 연구를 위해 우리 주변에서 일어나고 있는 환경문제에서 지표를 찾아 장기적인 자료축적과 관찰이 필요하다. 또한 기후변화에 대해 도시, 농촌, 식생, 산지, 하천, 해안 등에 대한 사례접근을 통한 연구의 다변화가 필요하다. 

REFERENCES

- Choi, J.Y. and J.I. Yun. 2002. Implementing the urban effect in an interpolation scheme for monthly normals of daily minimum temperature. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 4(4):203-212 (최재연, 윤진일. 2002. 도시효과를 고려한 일 최저기온의 월별 평년값 분포 추정. *한국농림기상학회지* 4(4):203-212).
- Choi, Y.E. 2005. Temporal and spatial variability of heating and cooling degreedays in South Korea, 1973-2002. *Journal of the Korean Geographical Society* 40(5):584-593 (최영은. 2005. 한반도 난·냉방도일의 시공간 분포 특성 변화에 관한 연구. *대한지리학회지* 40(5):584-593).
- Choi, Y.E. and J.M. Ha. 2003. An analysis of the tendency of land-use according to the street hierarchy in Daegu CBD. *Journal of Korea Planners Association* 38(1):95-107 (최영은, 하재명. 2003. 대구시 가로위계에 따른 도심공간영역별 토지이용경향분석. *국토계획* 38(1):95-107).
- David, G., G.G. Douglas and C.S. Raymond. 2003. *Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites*. Oxford University Press.
- Ganderton, P. and P. Coker. 2005. *Environmental Biogeography. Trans-Atlantic*.
- IPCC. 2007. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Johnson, J., L. Bizikova and Burton. 2008. *Integrating Climate Change Actions into Local Development*. Stylus Public.
- Kira, T. 1949. *Nippon no shinrin-tai (Forest zones of Japan)* Tokyo: Nippon Ringyo Gijutsu Kyokai; Reprinted in Kira, T. 1971. *Seitaigaku kara Mita Shizen (Nature as Viewed from Ecology)*:105-141, Tokyo: Kawade Shobo Shin-sha.

- Kong, W.S. 2006. Ecology and natural history of North Korean Pinaceae. *Journal of Environmental Impact Assessment* 15(5):323-337 (공우석. 2006. 북한 소나무과 나무의 생태와 자연사. *환경영향평가* 15(5):323-337).
- Kwon, W.T. 2005. Current status and perspectives of climate change sciences. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* 41(2-1):325-336 (권원태. 2005. 기후변화의 과학적 현황과 전망. *한국기상학회지* 41(2-1):325-336).
- Kwon, Y.A., W.T. Kwon and K.O. Boo. 2008. Future projections on the spatial distribution of onset date and duration of natural seasons using SRES A1B data in South Korea. *Journal of the Korea Geographical society* 43(1):36-51 (권영아, 권원태, 부경은. 2008. A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 자연계절 시작일 및 지속 시간의 공간 분포 변화전망. *대한지리학회지* 43(1):36-51).
- Kwon, Y.A., W.T. Kwon, K.O. Boo and Y.E. Choi. 2007. Future projections on subtropical climate regions over South Korea using SRES A1B data. *Journal of the Korea Geographical society* 42(3):355-367 (권영아, 권원태, 부경은, 최영은. 2007. A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 아열대 기후구 전망. *대한지리학회지* 42(3):355-367).
- Lee, C.S. 2008. Lammas Shoot Growth of Korean Red Pine : <http://koyya.egloos.com/1828580> (이창석. 2008. 소나무 이차생장 : <http://koyya.egloos.com/1828580>).
- Lee, S.H, I.H, Heo, K.M. Lee, S.Y Kim, Y.S. Lee and W.T. Kwon. 2008. Impacts of climate change on phenology and growth of crops: in the case of Naju. *Journal of the Korea Geographical Society* 43(1):20-35 (이승호, 허인혜, 이경미, 김선영, 이윤선, 권원태. 2008. 기후변화가 농업생태에 미치는 영향-나주 지역을 사례로-. *대한지리학회지* 43(1):20-35).
- Tricart, J. and J. KiewietdeJonge. 1992. *Ecogeography and Rural Management*. Longman Scientific and Technical.
- Viles, H. 1988. *Biogeomorphology*. Lightning Source Inc. <http://www.wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann/>.
- Yun, J.I. 2006. Climate change impact on the flowering season of Japanese cherry (*Prunus serrulata* var. *spontanea*) in Korea during 1941-2100. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 8(2):68-76 (윤진일. 2006. 기후변화에 따른 벚꽃 개화일의 시공간변이. *한국농림기상학회지* 8(2):68-76).