

기온 및 강수량의 시공간 변화예측 및 변이성

이민아* · 이우균** · 송철철*** · 이준학**** · 최현아***** · 김태민*****

Spatio-temporal Change Prediction and Variability of Temperature and Precipitation

Mina Lee* · Woo-Kyun Lee** · Chul-Chul Song*** · Jun-Hak Lee****
Hyun-Ah Choi***** · Tae-Min Kim*****

요 약

국제사회는 기후변화에 따른 이상 현상의 징후가 발생함에 따라 이의 영향 예측을 위해 많은 모델들을 개발 및 적용하고 있다. 현재 우리나라에서도 여러 분야의 기후 영향모델 활용이 증가하면서 모델의 입력자료 중 특히 기후자료의 구축 방법 및 한반도 기후의 특성 파악에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다. 본 연구에서는 보간을 위하여 공간통계학방법 중 IDSW(Inverse Distance Squared Weighting:거리자승역산가중)를 적용하였다. 이 방법은 미관측지점의 값을 추정하기 위하여 주변 관측지점들을 고려하며, 그 영향은 거리에 반비례함을 반영한다. 여기서 주변 관측지점 선정시 반경 100km내의 가장 인접한 순으로 최대 3개의 관측지점을 선택하게 제약을 두었다. 그 결과 한국의 기온과 강수량 모두 과거 30년 동안에 연평균 약 0.4°C, 412mm 증가하는 것으로 나타났다. 또한 미래에도 2007년에 비해 2100년의 기온이 3.96°C, 강수량이 319mm 증가하는 것으로 나타났다. 기후변이성의 특성은 과거 30년 동안 기온의 경우 강원도 일부지역이 높게 나타났으며 강수량의 경우 남부지역이 높게 나타났다. 변화 경향은 기온의 경우 강원도 지역이 변이성이 증가하는 경향을 보였으며, 강수량의 경우 남동부지역이 변이성이 증가하는 경향을 보였다. 미래 30년간의 변이성 분석결과 기온은 중서부 지역에서, 강수량은 동부지역에서 높은 것으로 나타났고, 변화경향은 기온의 경우 남서부로 갈수록 변이의 정도가 증가되는 경향을 보였으며, 강수량의

* 고려대학교 환경생태공학과 석사과정(minamoco@korea.ac.kr)
** 고려대학교 환경생태공학과 교수(leewk@korea.ac.kr)
*** 고려대학교 환경GIS/RS센터(ccsong@hanmail.net)
**** 미국캘리포니아주립대학교 환경생태학과 박사과정(jhlee@unclink.berkeley.edu)
***** 고려대학교 생명과학대학원 기후과학전공 석사과정(sosobut@hotmail.com)
***** 고려대학교 환경생태공학과 석사과정(aem01@korea.ac.kr)

경우 중서부와 남부 일부가 변이가 증가되는 경향을 보였다.

주요어 : 기온, 강수량, IDSW, 변이성, 변화경향

ABSTRACT : Internationally many models are developed and applied to predict the impact of the climate change, as occurring a lot of symptoms by climate change. Also, in Korea, according to increasing the application of the climate effect model in many research fields, it is required to study the method for preparing climate data and the characteristics of the climate. In this study IDSW (Inverse Distance Squared Weighting), one of the spatial statistic methods, is applied to interpolate. This method estimates a point of interest by assigning more weight to closer points, which are limited to be select by 3 in 100 km radius. As a result, annual average temperature and precipitation had increased by 0.4°C and 412 mm during 1977 to 2006. They are also predicted to increase by 3.96°C, 319 mm in the 2100 compared to 2007. High variability of temperature and precipitation for last 30 years shows in some part of the Gangwon-do and in the southern part of Korea. Besides in the study of the variable trend, the variability of temperature and precipitation is inclined to increase in Gangwon-do and southern east part, respectively. However, during 2071 to 2100 variability of temperature is predicted to be high in midwest of Korea and variability of precipitation in the east. In the trend of variability, variability of temperature is apt to increase into west south, and variability of precipitation increase in midwest and a part of south.

Keywords : temperature, precipitation, IDSW, variability, trend

1. 서론

기후영향모델의 개발 및 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 요즘, 중요한 영향요소인 기후의 자료 구축 및 특성 파악에 대한 중요성이 높아지고 있다. 모든 자료는 공간상 연속적으로 구성되어 있어야 하지만, 기후자료의 경우, 특정 지역에 설립되어 있는 관측소에 의해 얻어지기 때문에 관측소가 없는 지점들에 대한 자료값 추정을 위하여 공간통계학적 보간

방법이 활용되고 있다. 대표적인 공간보간 기법은 거리자승역산가중(IDSW: Iverse distance Squared Weighted), 스플라인(spline), 크리깅(kriging), 경향면 모델(trend surface mode) 등이 있다(조홍래, 2006). Kurtzman 등(1999)은 이스라엘의 기온 변이를 지도화 하기 위하여 다양한 보간 방법을 적용 및 비교하였으며, 자료의 평균 기간 및 관측시점에 따라 보간기법들의 정확도가 다르게 나타났다. 조홍래 등(2006)은 남한의 전국의 강우자료를 구축하는데 여러 가지의 공간 보간 기법을 적용하는 연구

를 하였으며, 크리깅(kriging)이 가장 높은 정확성을 보이는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 시공간적 변화예측 및 변이성 분석을 그 목적으로 하며, 기온과 강수량의 자료 구축을 위하여 공간 보간에 일반적으로 쓰이는 IDSW방법을 선택하였다. 이것은 가장 단순한 보간방법으로 주변 관측지점들 중 더 가까운 관측지점에 더 높은 가중치를 두어 임의의 지점의 값을 예측하는 것이다(Nalde et al, 1998). 이때 주변의 관측지점 선정에 필요한 범위를 반경 100km로, 그리고 선정될 관측지점의 수를 3개로 한정하여 가까운 관측지점의 영향성 반영을 높였다. 그리고 기온의 경우 고도에 의해 크게 영향을 받아, 비관측점과 공간내삽에 사용되는 주변 관측점간의 표고 편차를 기온감을 의해 보정해 주었다.

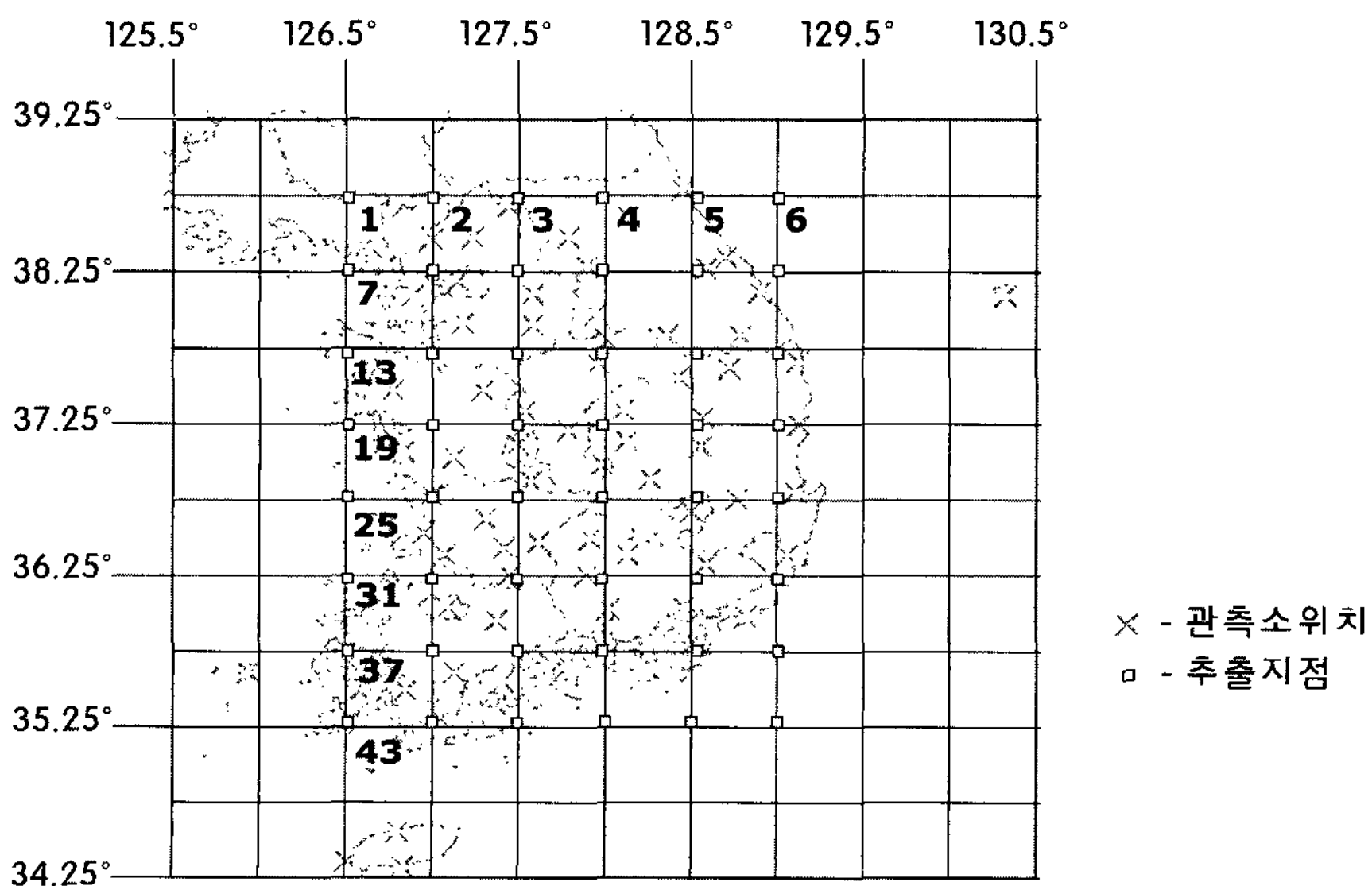
기온과 강수량의 특성 분석을 위하여 각각의 변이성을 계산하였다. Luterbacher(2004) 등은 1500년 이래의 유럽의 계절별, 연도

별 기온의 변이성과 경향을 분석하였으며, 강용균과 노재식(1985)은 한국기온의 과거 30년간(1954~1983)의 연변화 및 연별변동을 연구하였다. 본 연구에서는 30년(1977~2006)의 연별 평균 기온과 강수량의 시계열적 변동을 알아보았다. 그리고 연별 변동폭의 공간적 분포 특징을 분석하였으며, 이를 통하여 기온과 강수량의 공간적 상대적 민감성을 추정하였다.

2. 재료 및 분석방법

2.1 연구 범위

본 연구에서는 자료의 시간 범위를 기후 자료의 baseline인 30년으로 과거는 1977~2006년으로 미래는 2071~2100년으로 하였다. 연구영역은 경위도 124°54'~131°6', 33°9'~38°45'로 남한영역만을 선정 하였다[그림 1].



[그림 1] 74개 관측소 위치와 48개 추출지점

연구 범위안의 관측소는 74개 지점이며, 기온과 기후의 변이성 분석을 위하여 0.5°의 단위격자로 재구획하여 48개 격자를 추출하였다.

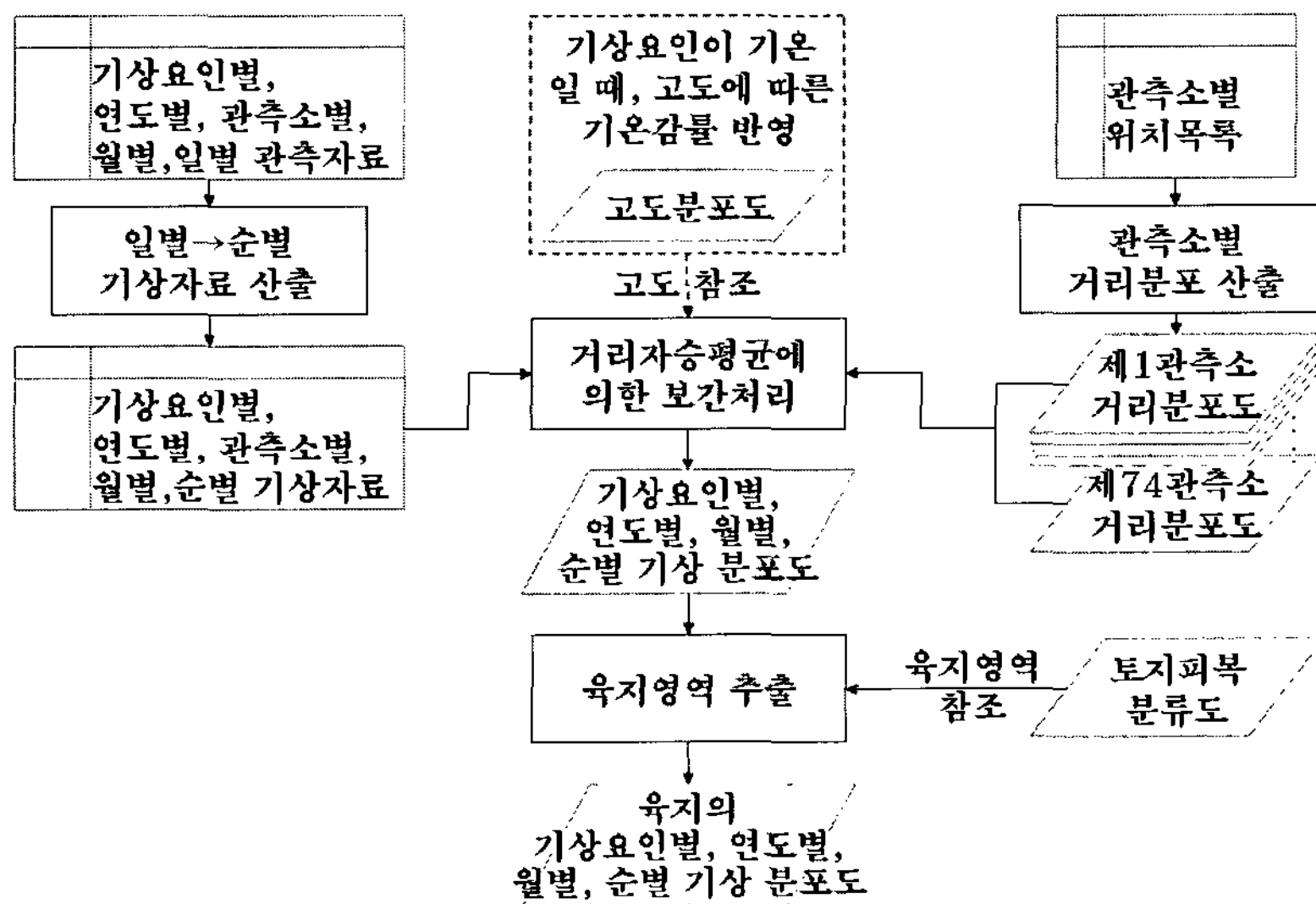
2.2 과거 자료 구축

2.2.1 자료 수집 및 구성

과거 기온(°C) 및 강수량(mm) 자료는 기상청에서 제공하는 자료 중 1977~2006년의 일별자료를 활용하였다. 구축된 자료 형태는 행요소는 일자이며, 열요소는 월을 나타내는 2차원의 행렬 구조이다. 특히 강수량의 관측값 기록의 표현의 특성상 미량의 강수량에 대한 0값을 0.00001이라는 작은 값으로 일률적으로 부여하여 미량의 강수가 발생한 지점도 고려하였다. 이러한 2차원 행렬은 74개의 관측소

의 수별로 반복되어 3차원의 행렬의 자료 구조를 지닌다. 이 자료구조를 단위로 기후와 기온자료는 연도별로 별도의 파일에 분리 저장한 것이 기초 기상관측자료의 구성이다.

서울기상관측소에서 수집한 기온과 강수량에 대한 일별자료를 순별자료로 전환하였다. 이때 상순 및 중순은 매월 1일~10일, 11일~20일로 동일하게 적용되었으나, 하순은 짝수달 및 홀수달, 또한 윤년 여부에 따라 종료일이 상이하게 적용되었다. 이러한 자료전환은 다시 관측소별로 반복되며, 3차원 행렬형태를 지닌 연도별, 관측소별, 월별, 순별 기상자료가 산출되었다. 이때, 순별 자료의 산출방식은 기온은 일별자료를 순별로 누적한 후 일수로 나눈 평균값을 사용하였으며, 강수량의 경우는 순별 누적값을 그대로 사용하였다.



[그림 2] 과거 기상자료의 처리절차*

* 이 순서도에서 백색바탕의 도형들은 입력, 중간처리 및 최종 출력자료를 나타내며, 짙은 바탕은 세부 자료처리단계들, 화살표는 처리흐름을 의미한다.

2.2.2 거리자승역산가중에 의한 보간처리

보간(補間, interpolation)은 내삽(內插)이라고도 하며, 미관측지점을 주변의 관측지점의 값들을 이용하여 연속적인 공간분포자료형태로 만드는 것이다. 이 때, 미관측지점에 대한 추정치의 산정은 주변 관측지점들 중 거리가 가까울수록 해당 관측지점의 관측치의 영향이 크게 반영되게 하는 거리자승역산가중(IDSW, Inverse Distance Squared Weighting)기법에 의한 보간방법을 활용하였다. 즉, 이는 미관측지점과 주변 관측지점들 간의 거리와 관측치를 반비례적으로 반영한 기법이다(식 1 참조).

$$W = \frac{\sum \frac{W_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \quad (\text{식 1})$$

여기서,

- W : 미관측지점에서의 강수량의 추정치
- W_i : 주변 관측지점 i 에서의 강수량의 관측치
- d_i^2 : 해당 미관측지점과 주변 관측지점 i 간의 거리자승

이때, 기온의 경우는 고도에 따른 기온 감율을 반영하였다. 이를 위해 윤진일 등(2001)은 다음과 같이 연중 날짜별 기온감율의 절대값을 365일 주기의 함수식으로 제안하였다.

$$|\Gamma| = 0.00688 + 0.0015 \cos \{0.0172(i - 60)\} \quad (\text{식 2})$$

여기서,

- $|\Gamma|$: 연중 날짜에 따른 기온감율 절대값
- i : 연중 날짜(1월 1일 = 1, ... , 12월 31일 = 365)

본 연구에서는 이러한 기온감율에 대한 보정항을 앞서의 거리자승역산가중치 산출을 위한 일반식에 추가하여 관측시기 및 고도변화에 따른 기온분포를 보간한 전성우 등(2002)의 방법을 적용하였다.

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma \quad (\text{식 3})$$

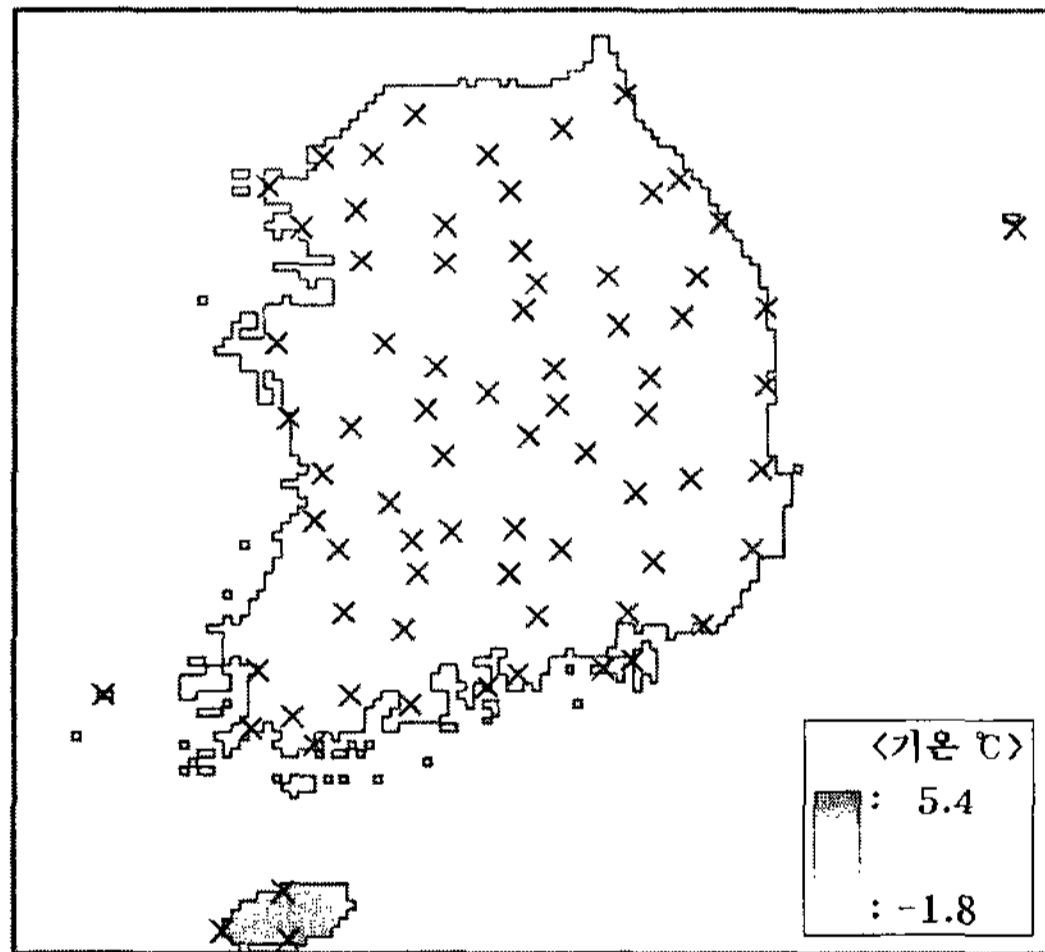
여기서,

- T : 한 미관측지점에서의 기온의 추정치
- T_i : 주변 관측지점 i 에서의 기온 관측치
- d_i^2 : 해당 결측지점과 주변 관측지점 i 간의 거리자승
- z : 임의의 한 결측지점에서의 고도값
- z_i : 주변 관측지점 i 에서의 고도값
- Γ : 연중 날짜에 따른 기온감율

이때 사용된 고도 자료는 축척 1:25,000의 수치지도를 원시자료로 하였으며, 공간해상도 0.05°의 DEM(Digital Elevation Model) 자료로 변환하기 위하여 cubic resampling 방법으로 3단계의 중간 해상도를 거쳐 단계적으로 변환하였다.

일반적으로 미관측지점으로부터 주변 관측지점(i)의 수를 조절하는 방식으로는

일정거리 이내의 관측지점만을 선정하여 계산하는 방식, 거리가 가까운 순으로 관측지점들의 개수를 제한하는 방식 및 방위별 구간을 정하여 구간내에서 관측지점을 선정하는 방식 등이 사용된다. 본 연구에서는 임의의 한 결측지점을 보간하기 위해 계산에 참여시킬 주변 관측지점을 반경 100km내에서 가장 인접한 순으로 최대 3개까지의 관측지점을 선택하는 거리-개수 혼용방식을 적용하였다. 그리고 본 연구에서는 토지자료 등의 작성에 사용한 토지피복분류도의 육지부분을 참조하여 모든 기상요인별 보간치들을 동일한 육지영역만큼 추출하도록 하였다([그림 3] 참조).



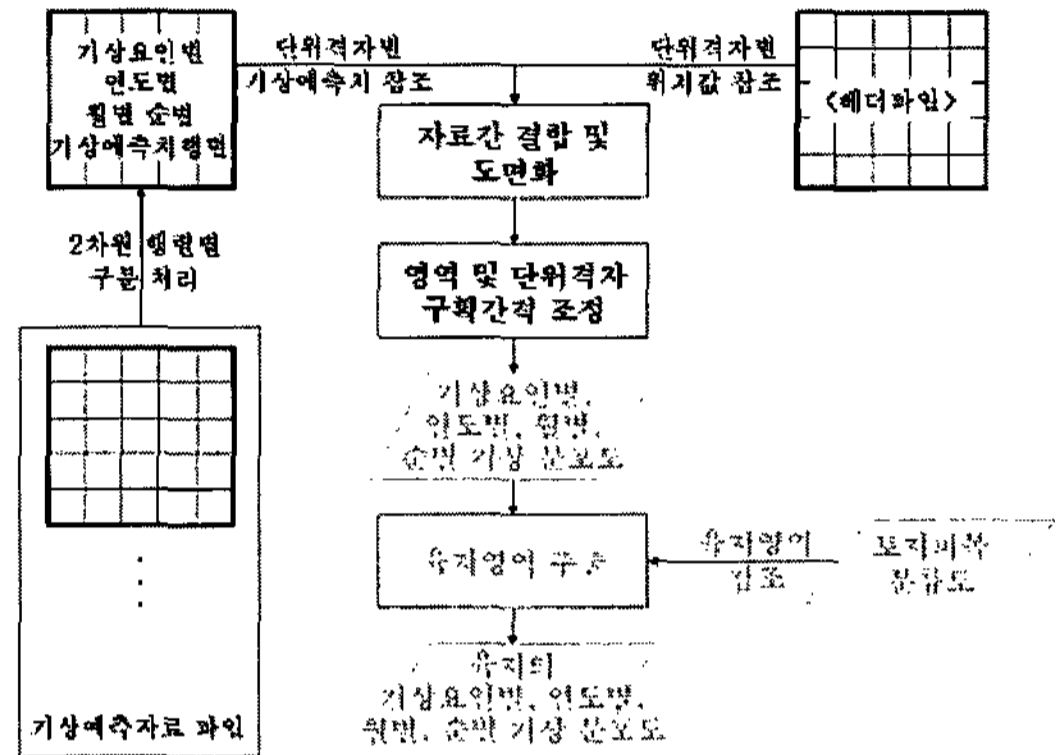
[그림 3] 기온의 공간분포 사례

2.3 미래 자료 구축

2.3.1 자료 수집 및 구성

미래 예측 기온 및 강수량 자료는 「국립기상연구소」로부터 제공받았다. 자료의 예측기간은 2001년부터 2100년까지이며, 남북

한 전역에 걸쳐 공간해상도가 약 0.2432°이다. 각각의 격자는 과거 1970년에서 2000년의 평년 평균에 대한 순별 기온과 강수량의 증감 편차가 입력되어 있다.

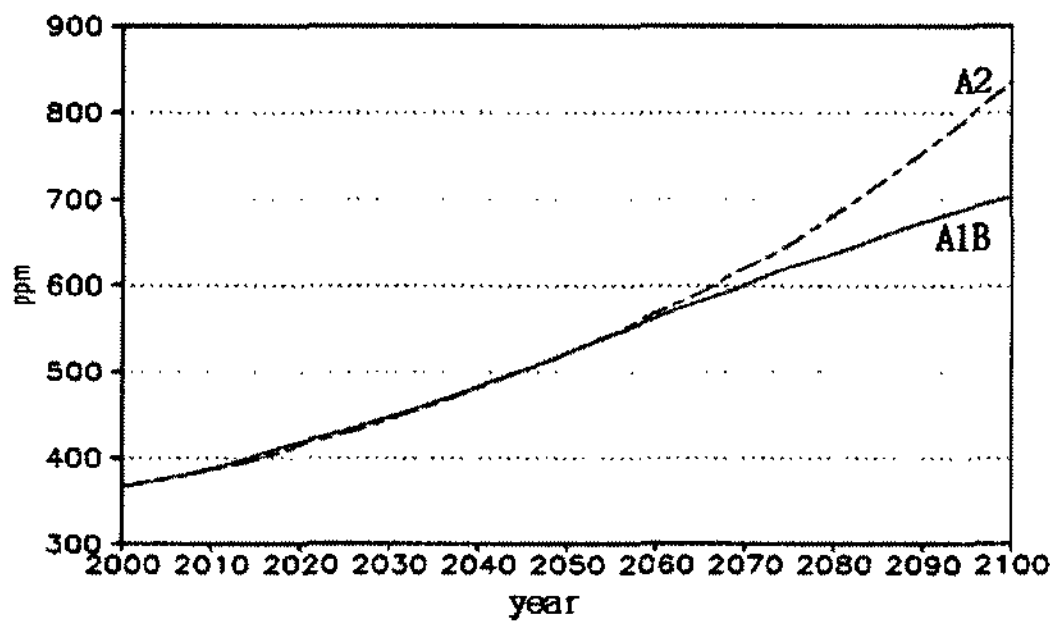


[그림 4] 미래 기상자료의 처리절차*

*위의 순서도는 미래 기상자료를 작성하기 위한 절차를 나타낸다. 여기서 과거 기상자료 처리절차와 동일한 부분은 흐린 글자색으로 나타내었다.

미래 예측자료는 독일 막스플랑크 연구소에서 개발된 ECHO-G/S 기후모델을 도입하여 SRES A1B 시나리오를 이용하여 모의되었다. ECHO-G/S모델은 ECHO-G의 최신 버전으로 대기모델인 ECHAM4와 해양-해빙 모델인 GIOE와 결합자 OASIS로 구성된 대기해양병합순환모델 (AOGCMs : Coupled atmosphere-ocean general circulation models)이다. 이때 사용된 SRES(Special Report on Emission Scenario)의 A1B 배출 시나리오는 미래에 경제가 빠르게 성장, 세기 중간에 인구가 증가, 지역간의 사회적 문화적 경제적 교류가 증가하며, 시장 구조가 우세하고 화석연료 및 비화석연료의 조화로운 사용이 이루어 질 것이라는 가정으로 모의된 배출 시나리오이다(전성우,

2001). 그에 반해 2006년 국립기상연구소에서 적용한 A2 시나리오는 출생패턴이 느리고, 일인당 경제소득증대 및 기술변화는 보다 단편화되어 다른 스토리라인보다 느린 특성을 나타낸다. 그리고 A1B 시나리오는 A2 시나리오에서 CO₂의 대기 중 농도 예측을 위하여 온실가스와 에어로졸을 모두 고려하였다. 이에 따라 A1B와 A2의 2100년 CO₂의 대기 중 농도는 각각 700ppm, 850ppm으로 예측되었다[그림 5].

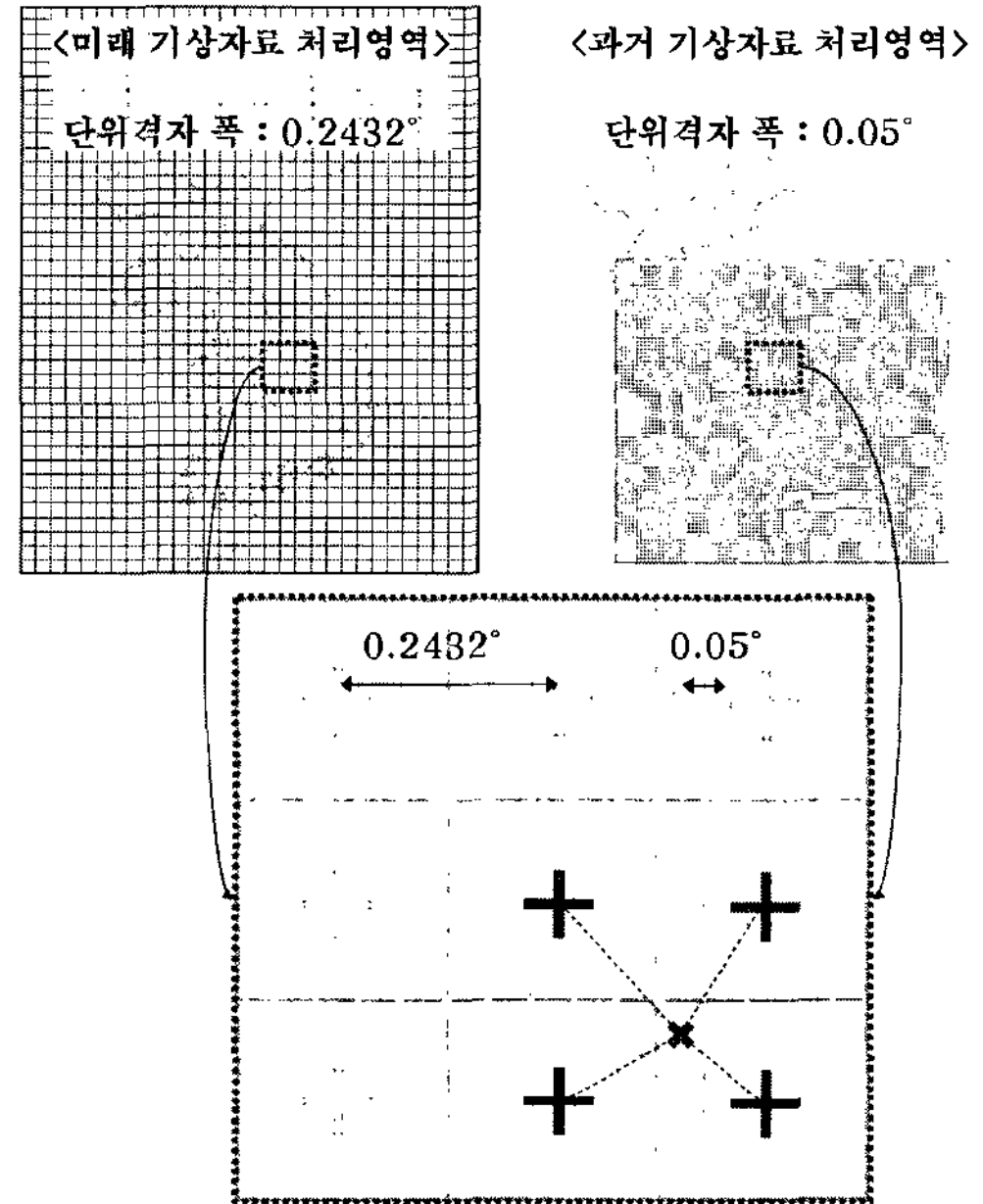


[그림 5] A1B와 A2 시나리오에 2000년~2100년까지의 연도별 CO₂농도 변화(권영아 외, 2007)

2.3.2 처리절차

자료 처리를 위하여 기온과 강수량의 기상예측자료 파일과 헤더 파일을 결합하여 도면화하였으며, 남한의 공간분포자료를 만들기 위하여 해상도를 0.05°로 변환하는 resampling기법을 활용하였다. 이때 사용된 resampling 기법은 과거 자료처리에 적용한 거리자승역산가중(IDSW)와 유사한 새로운 격자값을 출력하기위하여 가장 인접한 4점의 값을 이용하는 Bilinear

방식을 적용하였다([그림 6] 참조).



[그림 6] 단위격자의 구획간격 조정

2.4 기온과 강수량의 변이성 및 변화경향 분석

기온과 강수량의 변이성은 자료의 기간 동안 기상인자들의 연도별 변동폭을 의미한다. 이 산출식은 다음의 (식 4)에 나타나 있다. 이것을 통해 기상인자들의 시간에 따른 민감성으로 해석할 수 있다.

$$D_n = \frac{\sum_i^j |V_i - \overline{V}_n|}{\overline{V}_n} \quad (\text{식 4})$$

여기서,

i : 시작 연도

j : 마지막 연도

- n : 총 연도 ($i \sim j$)
- D_n : n 년 동안 기상인자의 변이성
- V_i : i 연도의 기상인자의 연평균 값
- \overline{V}_n : $n(i$ 년도에서 j 년도까지)의 기상인자의 평균값

기온과 강수량의 변화경향성은 연도별 변화변이성에 대한 기울기이다. 이 기울기(a)는 기상요인들의 시간에 따른 적응성과 비적응성으로 해석하는 지표로 사용된다.

$$Y = aX + b \quad (\text{식 } 5)$$

여기서,

- a : 연도별 변이성에 대한 추세선의 기울기
- b : 연도별 변이성에 대한 추세선의 y 절편
- Y : X 년도의 기상요인의 변이성
- X : 연도(1977~2006 또는 2071~2100)

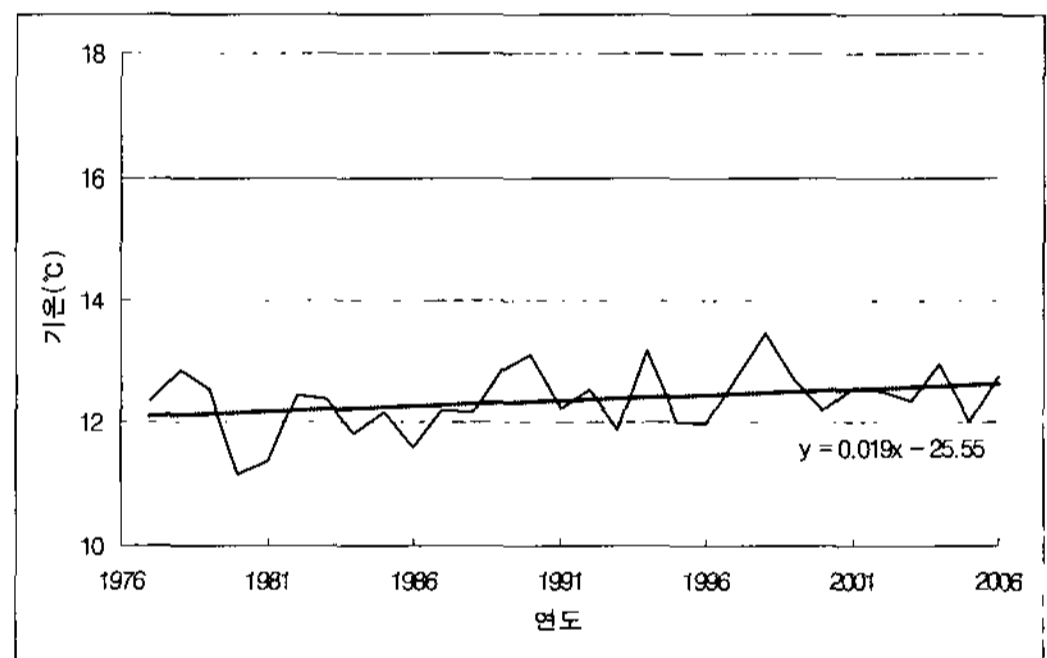
3. 결과 및 고찰

기온과 강수량자료를 IDSW 공간 통계 방법을 적용하여 구축하였다. 이때 반경 100km내의 범위에서 제일 근접한 관측지점을 최대 3개까지 선정하도록 한정하였다. 특히 기온은 국지기온 결정인자 중 가장 큰영향을 미치는 고도를 고려하기 위하여 고도에 따른 기온감율식을 적용하였다. 이를 바탕으로 연평균 값을 산출하여 시계열 변화를 살펴보았으며, 시계열 변화 및 변이성을 분석하였다.

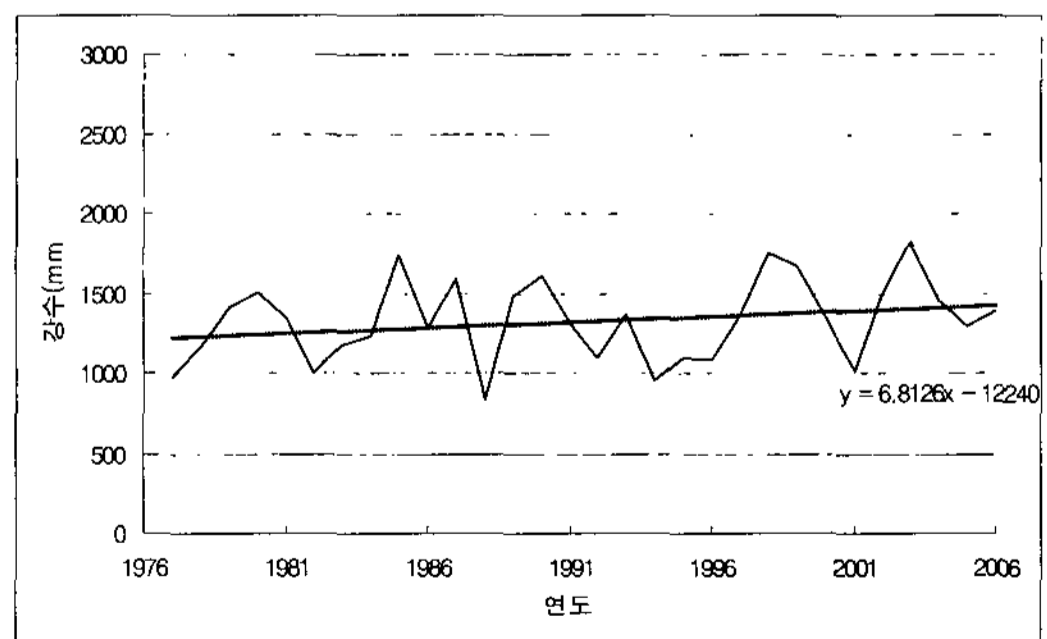
3.1 시간적 기온과 강수량의 변화 분석

과거 30년간 연평균 기온은 1977년에 12.35°C에서 2006년에 12.75로 약 0.4°C 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 연평균 강수량은 1200mm를 중심으로 변화하면서 1977년에 2006년에 972.44mm에서 1384.33로 전체적으로 다소 증가하는 경향을 보였다[그림 7, 8].

2007년부터 2100년까지 예측된 연평균 기온 변화는 2007년도 13°C내외의 연평균 기온이 2100년에는 17°C가까이 상승하는 것을 알 수 있다. 2007년에 비해 2100년의 기온은 3.96°C 높은 것으로 예측되었다.

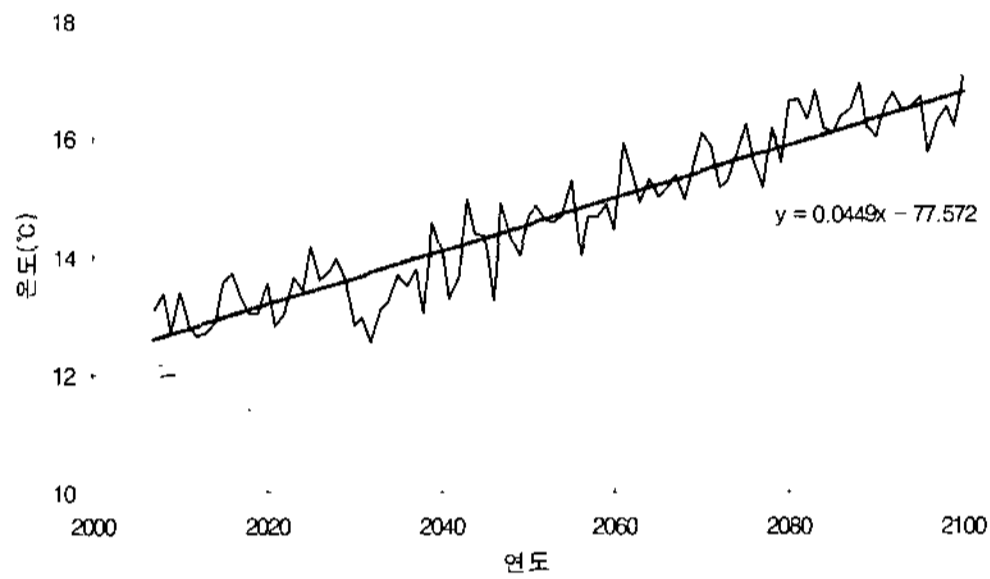


[그림 7] 과거(1977~2006)의 연평균 기온변화

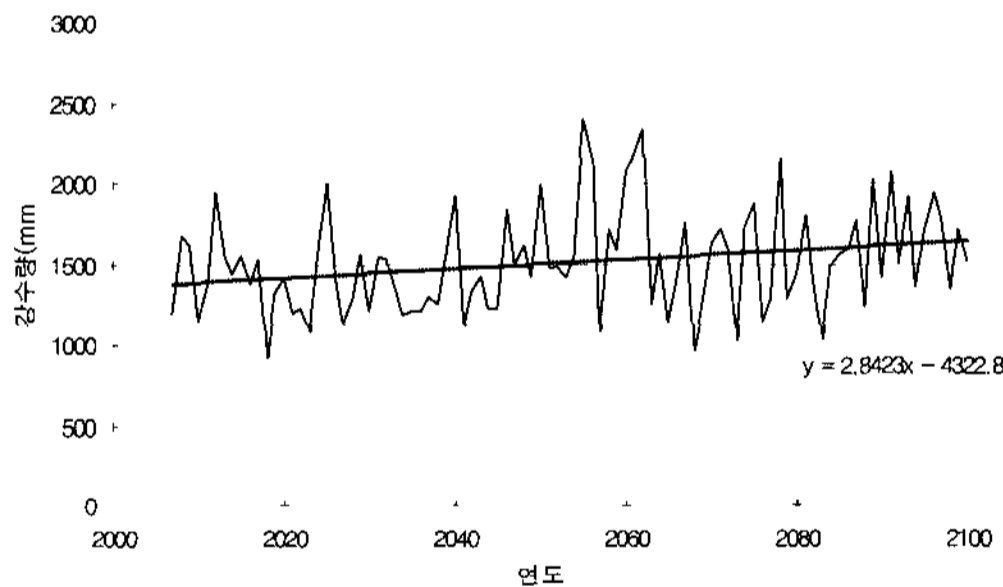


[그림 8] 과거(1977~2006)의 연평균 강수량변화

또한 미래의 연평균 강수량은 1,500mm를 중심으로 증가하는 경향을 보이며, 2007년에 1197.38mm에서 2100년에 1515.84mm로 연평균 강수량이 약 318.5mm 증가하는 것으로 나타났다([그림 9, 10] 참조).



[그림 9] 미래(2007-2100)의 연도별 기온 변화



[그림 10] 미래(2007-2100) 연평균 강수량변화

3.2 기온과 강수량의 변화변이성(changing variability) 및 경향(changing trend)

기온과 강수량의 과거와 미래 30년 동

안의 변이성과 변화경향성은 ArcMap 소프트웨어의 Natural break방법¹⁾을 이용하여 5등급(매우 낮은, 낮은, 중간, 높은, 매우 높은)으로 구분되었다. 이 등급은 남한내에 변이성(민감성)또는 변화경향성(적응성)이 상대적으로 높고 낮을 가능성을 의미한다.

3.2.1 과거(1977~2006)

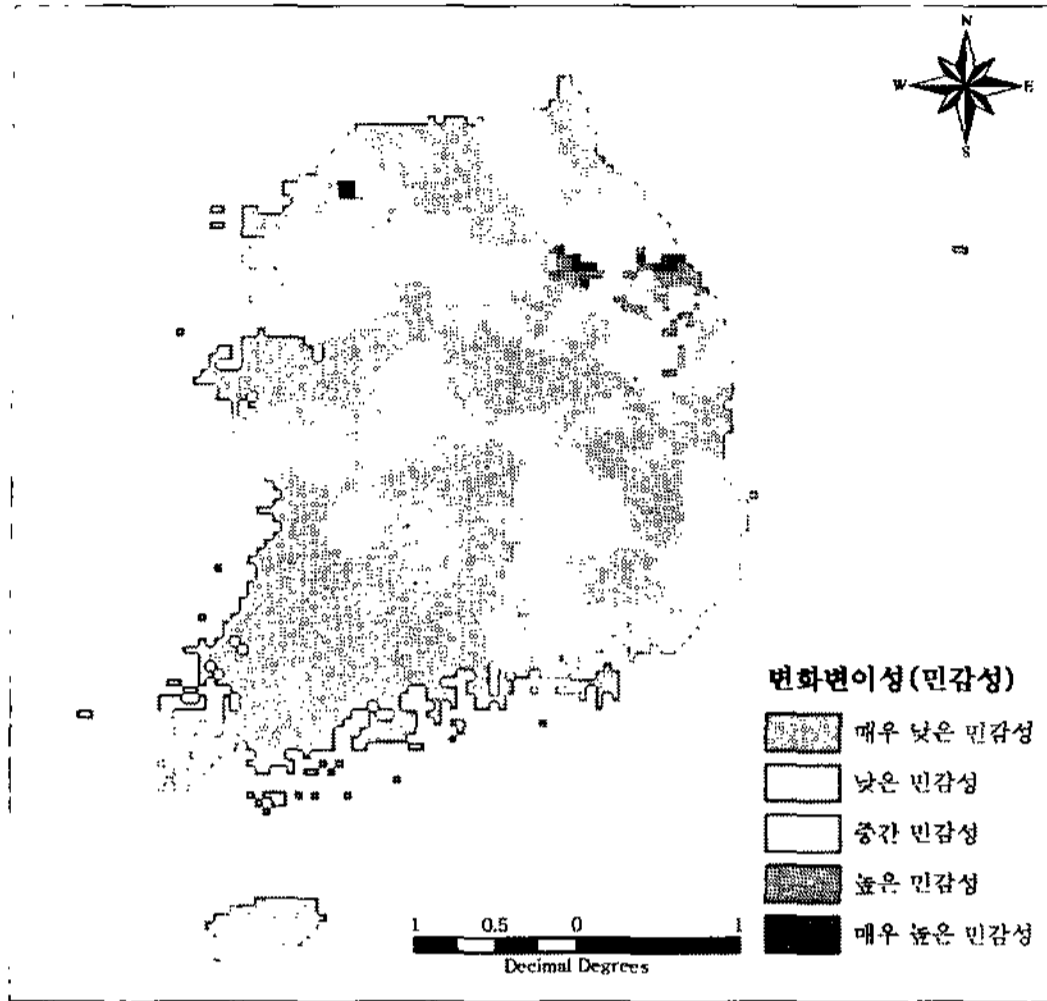
[그림 11]은 기온변화의 변이성(민감성)을 나타낸 것으로 대체적으로 전 국토에서 기온변이성이 낮았으며, 강원도 산간 일부지역이 다른 지역에 비해 기온의 변화변이성이 높게 나타나 민감성이 높은 것으로 해석할 수 있다. [그림 12]는 기온 변이성에 대한 변화경향으로 대부분의 지역에서 변이성 증감이 거의 일어나지 않아 적응성이 중간인 것으로 나타났으며, 강원도 일부 지역이 변이성 증가 적응성이 낮은 것으로 나타났다.

강수량의 공간별 변화변이성(민감성)은 남부지역이 다른 지역에 비해 강수량의 변화변이성이 높게 나타나며, 민감한 것으로 나타났다[그림 13]. 강수량의 변화경향은 남·동부지역이 다른 지역에 비해 강수량의 변화성이 증가되는 경향을 보여 적응성이 낮은 것으로 나타났다. 이에 반해, 남·서부지역은 강수량 변이성이 감소되는 것으로 나타났다[그림 14].

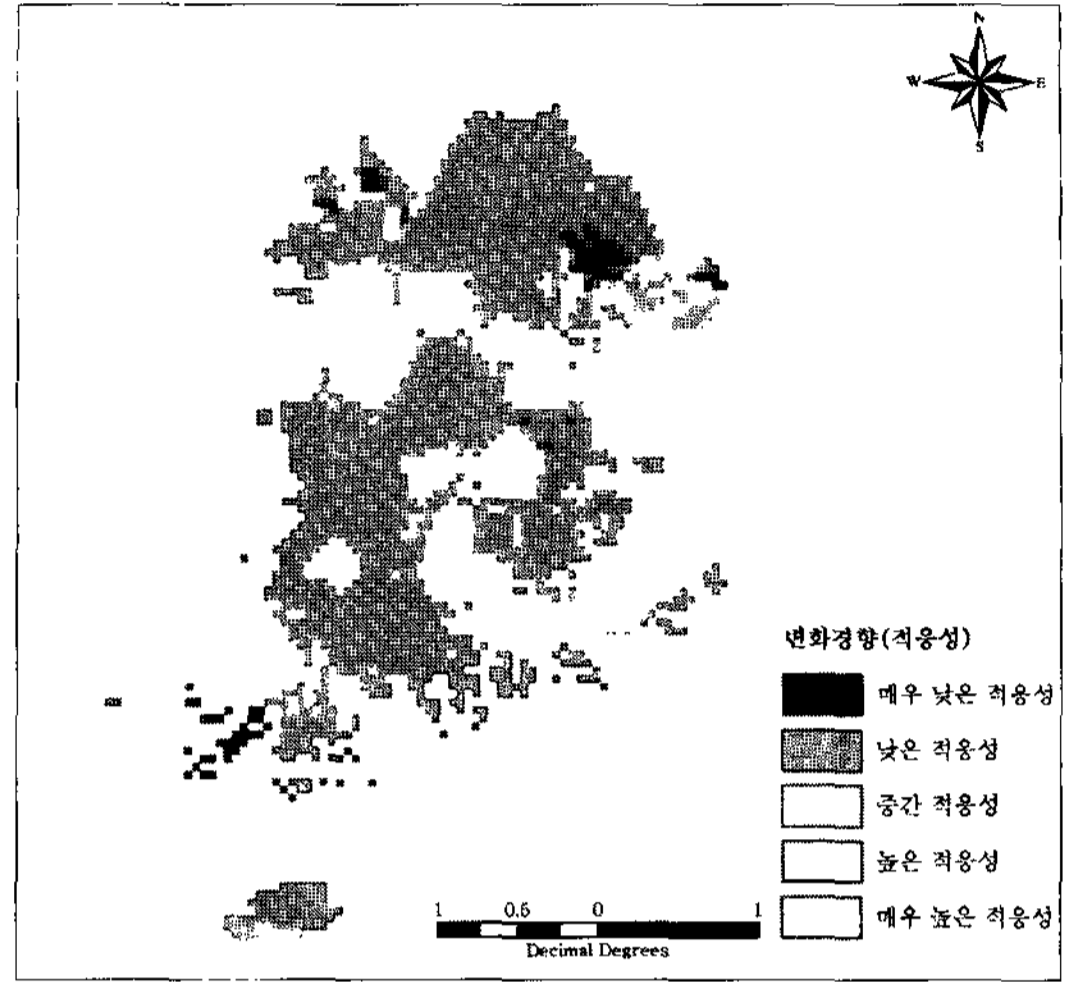
3.2.2 미래(2071~2100)

미래 기온의 변이성은 과거 30년간 기온의 변화변이성이 강원도 산간지역에서

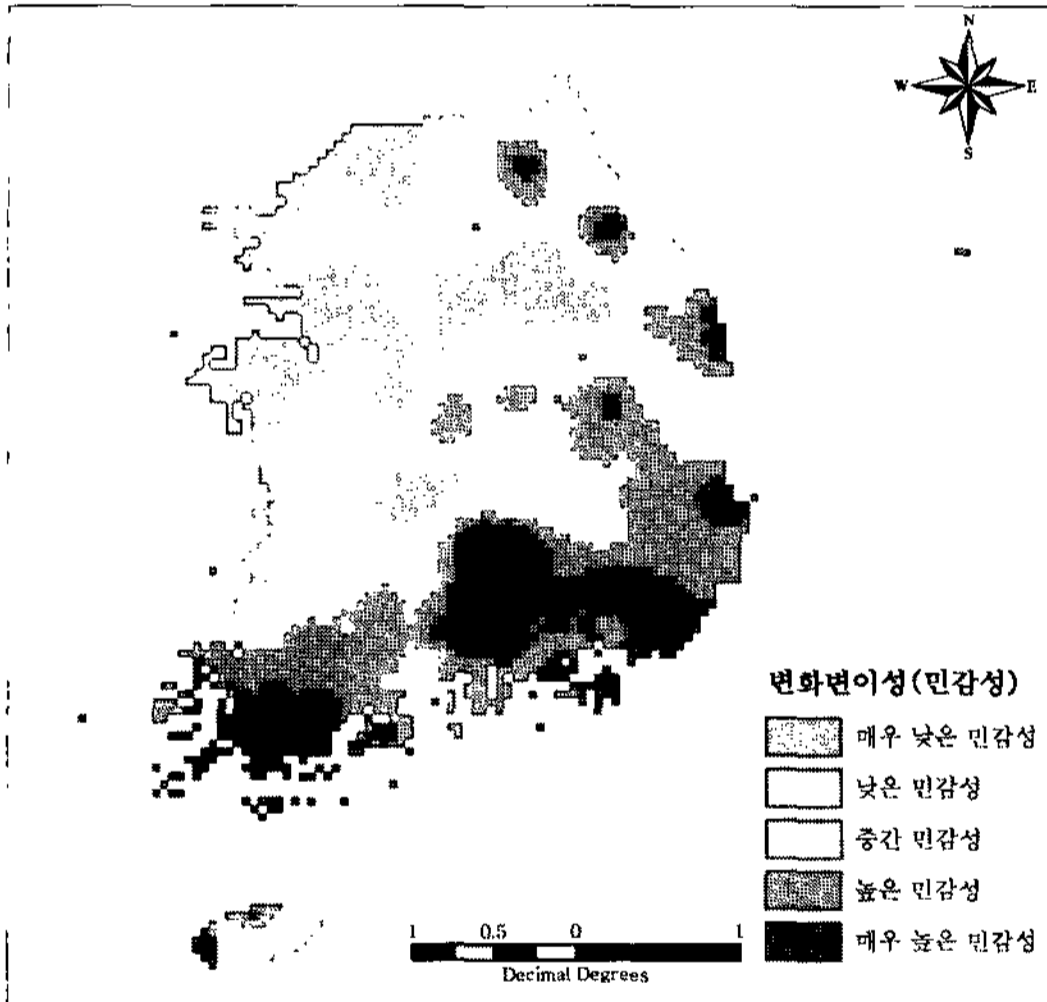
1) Natural break방법은 기본적인 자료의 분류방법으로 자료들의 고유한 군집경향을 동일시하여 구획지점을 정의함으로써 자료들 중 비교적 차이가 크게 나타나는 곳을 경계로하여 등급을 나눈다(Minami, 2000).



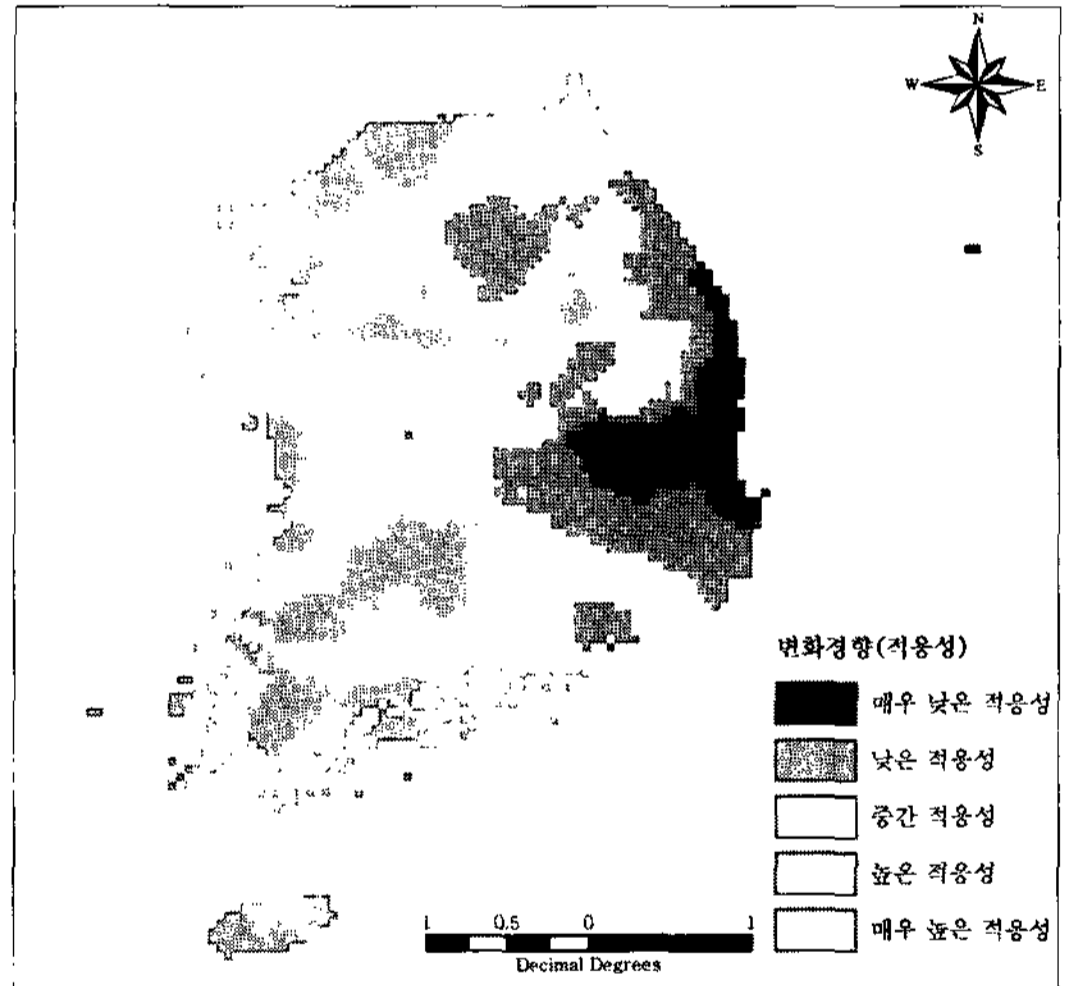
[그림 11] 기온 변화변이성 분포도



[그림 12] 기온 변화경향 분포도



[그림 13] 강수량 변화변이성 분포도

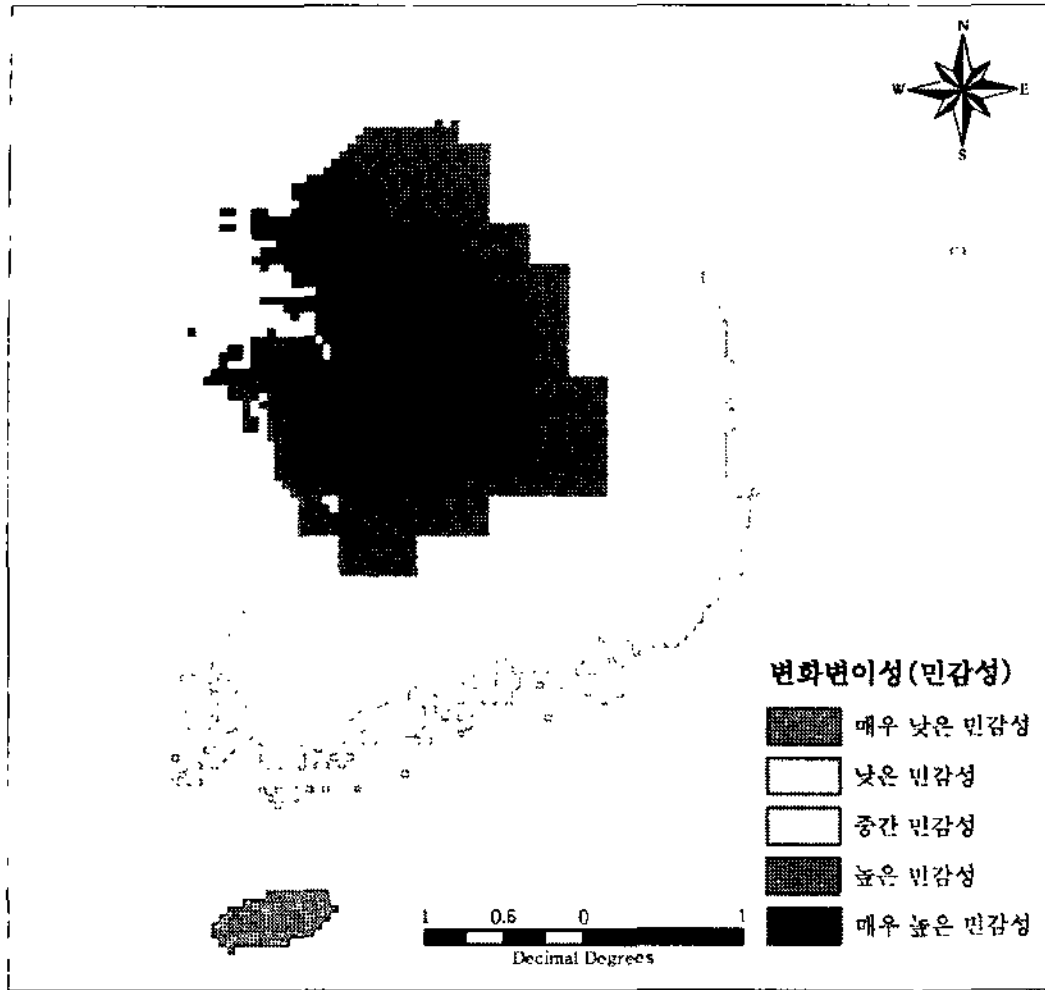


[그림 14] 강수량 변화경향 분포도

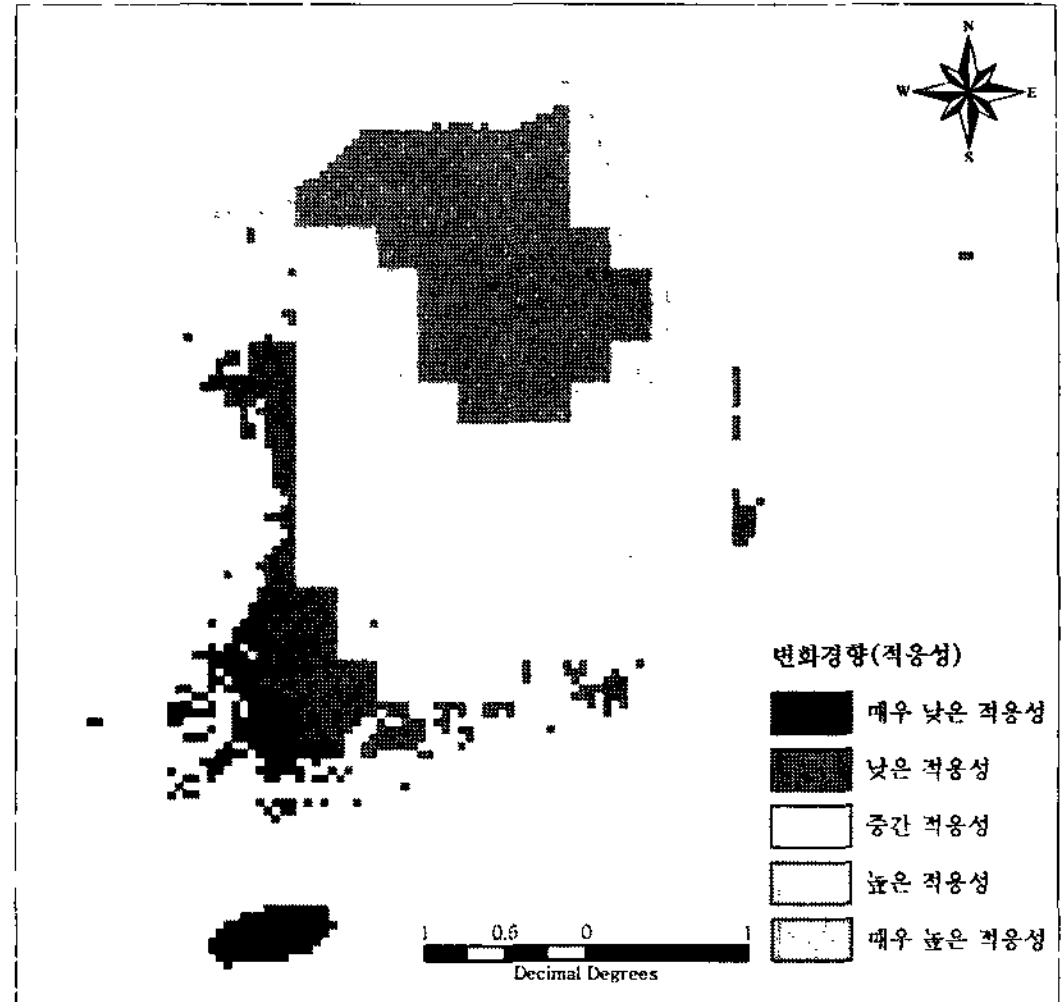
높게 나타난 것에 비해, 예측된 미래 기온에서는 중·서부지역에서 기온의 변화변이성이 높게 나타났다. 중·북부로 갈수록 변이의 정도가 감소되고, 남·서부로 갈수록 변이의 정도가 증가되는 경향으로 나타났다([그림 15, 16] 참조).

미래 강수량 변이성의 공간분포는 서부

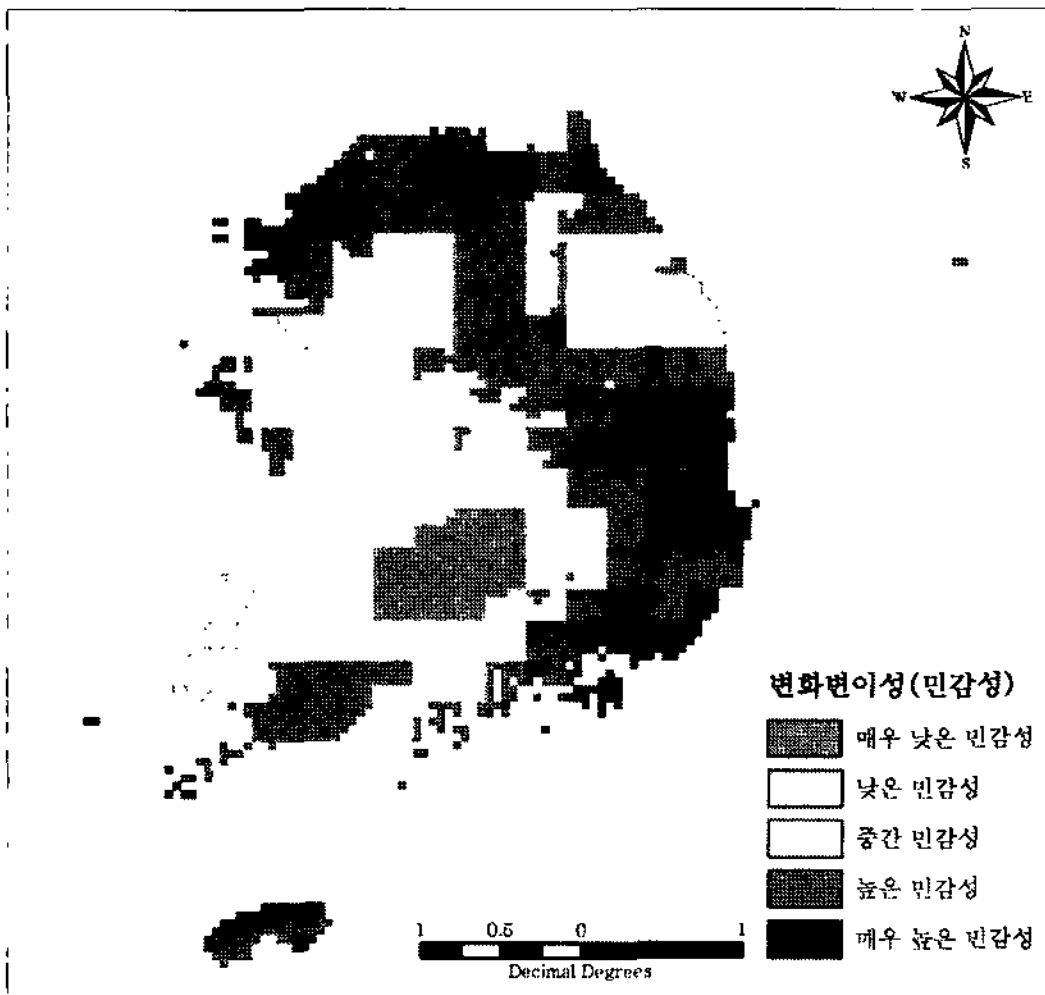
지역보다는 동부지역에서 강수량의 변이성이 높은 것으로 나타났으며, 강수량의 변화경향은 중·서부와 남부일부에서 강수량 변이가 증가되는 경향을 보이는 것으로 나타났다[그림 17, 18].



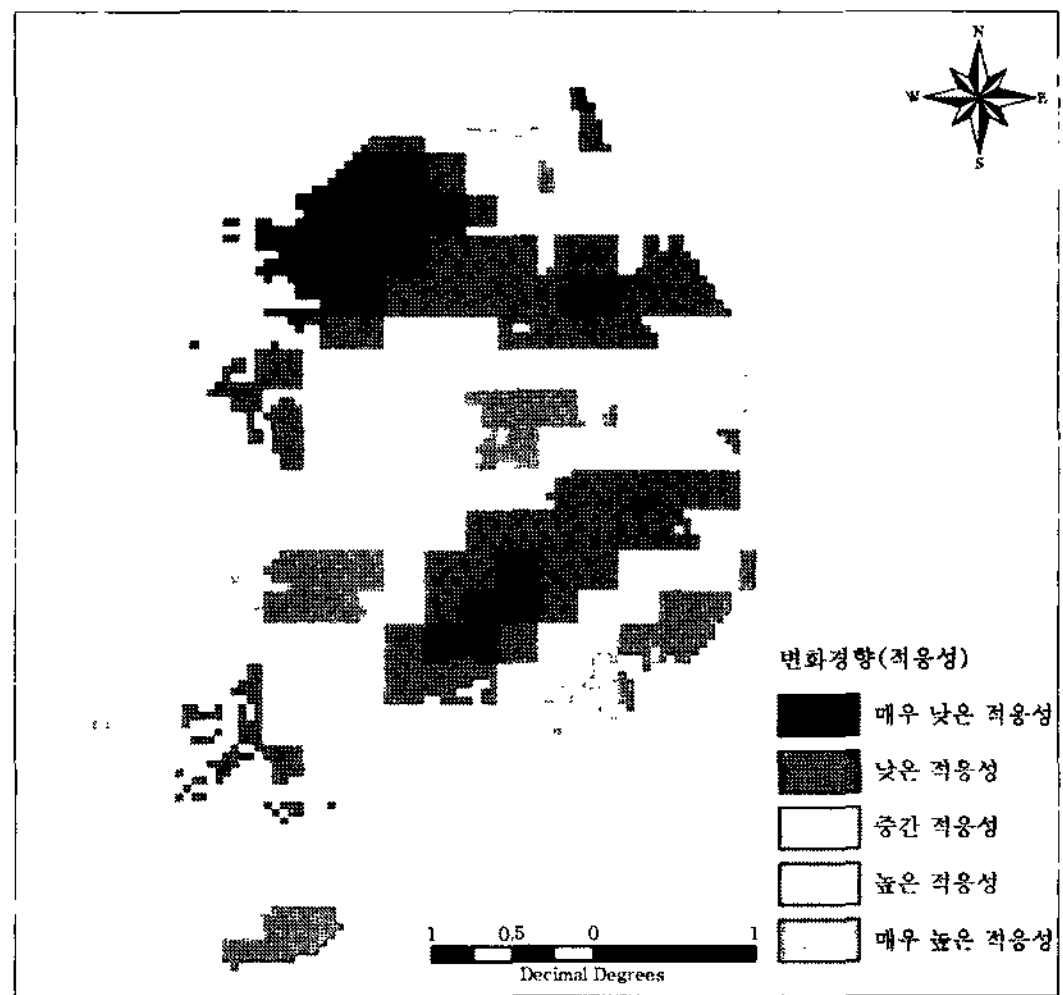
[그림 15] 기온 변화변이성 분포도



[그림 16] 기온 변화경향 분포도



[그림 17] 강수량 변화변이성 분포도



[그림 18] 강수량 변화경향 분포도

4. 결 론

기후자료는 관측소에서 획득되는 자료가 사용되므로 미관측지점들의 값을 추정하기 위한 공간통계학적 기법들이 필요하다. 그 중 본 연구에서는 IDSW방법을 선택하여 거리에 따라 반비례적 가중치를

두어 기온과 강수량의 공간통계자료를 생성하였다. 그 결과 과거와 미래모두 기온과 강수량이 분석 시작년도에 비해 마지막년도의 값이 증가된 것으로 나타났다. 또한 각각의 변이성과 변화경향을 산출식에 의하여 분석하였으며, 각각의 공간적 분포 특성을 민감성과 적응성으로 해석하였다. 이것은 남한 내의 민감성과 적응성

을 상대적으로 등급화 한 것으로 각각이 높거나 낮을 가능성을 나타내는 것이므로 이것을 절대적인 등급으로 확대해석 하지 않음에 주의하여야 한다.

기후자료의 보간에 사용되는 공간통계학적 분석은 관측시점의 길이, 관측소의 갯수, 관측소의 분포면적에 따라 공간통계 분석의 정확도가 상이하며 이에 대한 비교 및 분석 연구가 필요할 것이다. 또한 외국의 기후자료 구축 방법 또는 기후자료의 공간자료화 모델을 도입하기 위한 연구도 같이 행해져야 할 것이다. 또한 기온과 강수량의 변이성과 변화경향 분석은 공간적인 자료를 통하여 상대적으로 등급화 한것에 그 의미가 있지만, 향후 연구 결과에 대한 구체적인 의미해석과 절대적인 기준을 제시하지 못한 것에 대한 연구가 요구된다.

사 사

본 논문은 환경부 기후변화 특성화 대학원 지원 사업과 환경정책평가연구원의 ‘산림부문 기후변화 취약성 평가 및 적응 정책 수립’ 과제의 연구 결과 중 일부이며, 미래 기상자료를 제공해주신 국립기상연구소 기후연구실에 감사드립니다.

참고문헌

강용균, 노재식, 1985, “과거 30년간 (1954~1983) 한국기온의 연변화 및 연별별동”, 한국기

상학회지, 제21권. 제3호, pp. 1-10.

권영아, 권원태, 부경은, 최영은, 2007, “A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 아열대 기후구 전망”, 대한지리학회지, 42(3), pp. 355-367.

기상연구소, 2005, “기후변화협약대응 지역기후시나리오 활용기술 개발(I)”

기상연구소, 2006, “기후변화협약대응 지역기후시나리오 활용기술 개발(II)”

윤진일, 최재연, 안재훈, 2001, “일별 국지기온 결정에 미치는 관측지점 표고영향의 계절변동”, 한국농림기상학회지, 제3권 제2호, pp. 96-104.

전성우, 박용철, 정휘철, Hideo Harasawa, Kiyoshi Takahashi, 2001, “기후변화에 따른 생태계 영향평가 및 대응방안연구 II - 산림부문의 생태기후 모형 개발을 중심으로 -”, 한국환경정책평가연구원.

조홍래, 정종철, 2006, “강우자료에 대한 공간보간 기법의 적용”, 한국GIS학회지, 제14권 제1호, pp. 29-41.

Kurtzman, D., Kadmon, R., 1999, Mapping of temperature variables in Israel:a comparison of different interpolation methods, 13, 33-43.

Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., Wanner, H., 2004, European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500, Science, vol.303, 1499-1503.

Minami, M., 2000, Using ArcMap: GIS by ESRI, Environmental system research institute, Inc, USA.

Nalder, A. I., Wein, W.W., 1998, Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in Canadian boreal forest, Agricultural and forest meteorology, 92, 211-225.