

# A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 자연 계절 시작일 및 지속기간의 공간 분포 변화 전망\*

권영아\*\* · 권원태\*\*\* · 부경은\*\*\*\*

## Future Projections on the Spatial Distribution of Onset Date and Duration of Natural Seasons Using SRES A1B Data in South Korea\*

Young-Ah Kwon\*\*, Won-Tae Kwon\*\*\*, and Kyung-On Boo\*\*\*\*

**요약** : 지구 온난화는 농업, 수산업, 임업, 보건 등 사회 여러 분야에 걸쳐 인간에게 영향을 미치고 있으므로 기후변화에 따른 영향을 평가하고 적응 방안을 모색하는 일은 우리에게 당면한 과제이다. 이를 해결하기 위해서는 현재 기후를 정확히 분석하는 것뿐만 아니라 미래 기후를 전망하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 30년간(1971~2000)의 관측 자료와 IPCC SRES A1B 시나리오에 근거한 2090년대(2091~2100) 전망 자료에 로패스 필터링 기법을 적용하여 계절 시작일 및 계절 지속기간의 공간 분포 변화를 분석하였다. 계절 시작일의 공간 분포를 보면, 봄과 겨울 시작일은 위도, 지형 및 해양의 영향을 많이 받으나, 여름과 가을 시작일은 위도에 의한 영향은 거의 없고, 해양과 지형에 의해서만 일부 영향을 받는다. 2090년대의 계절 시작일을 보면, 남해안과 동해안 및 남부 내륙 지역에서는 현재보다 봄은 40일 정도, 여름은 25~30일 정도 빨리 시작되며, 가을은 20일 정도, 겨울은 50일 정도 늦게 시작될 것으로 전망되었다. 또한 계절 지속기간을 보면, 2090년대에는 남해안과 동해안 및 남부 지방에서 겨울철은 더 짧아지고 여름철은 더 길어질 것으로 전망되었다.

**주요어** : 지구 온난화, A1B 시나리오, 공간 분포, 로패스 필터링, 계절 시작일, 계절 지속기간

**Abstract** : As the global warming has influenced on various sectors including agriculture, forestry, fisheries and health, it is essential to project more accurate future climate for an assessment of climate change impact and adaptation strategy. This study examines spatial distribution of onset dates and durations of season decomposed by applying a lowpass filtering using observed 30-year (1971-2000) data and projected 2090s data based on the IPCC SRES A1B emission scenario in South Korea. In general, the distributions of spring and winter onset date are affected by latitudes, topography and proximity to oceans. However, onset dates of summer and autumn are a little affected by proximity to oceans and topography than by latitudes. In the 2090s (2091-2100), the onset dates of spring begin about 40 days earlier and the onset dates of summer begin 25-30 days earlier as compare with present time. On the other hand, the onset dates of winter begin about 50 days later in the southern and eastern coastal area and in the southern inland. The onset dates of autumn begin about 20 days later. In the 2090s, summer duration is longer and winter duration is shorter as compare with present time at southern and eastern coastal area.

**Key Words** : global warming, A1B emission scenario, spatial distribution, lowpass filtering, onset dates of season, durations of season

\* 본 연구는 기상청 국립기상연구소 사업 "Metri-2007-B-5"의 지원으로 되었음.

\*\* 기상청 국립기상연구소 기후연구팀 연구원(Researcher, Climate Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, KMA), yakwon71@metri.re.kr

\*\*\* 기상청 국립기상연구소 기후연구팀장(Director, Climate Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, KMA), wontk@metri.re.kr

\*\*\*\* 기상청 국립기상연구소 기후연구팀 연구관(Senior Researcher, Climate Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, KMA), bko@metri.re.kr

## 1. 서론

전 세계적으로 지구 온난화에 따른 기상 이변으로 국지적인 이상 고온화현상이 빈번히 나타나고 이로 인한 육상, 해상 생태계의 변화가 감지되기 시작하면서 기후 변화는 모든 사람들의 최대 관심사가 되었다. 특히, 2007년에 발표된 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 4차 보고서에 따르면 최근 50년간의 기온 상승은 지난 100년간의 기온 증가 추세(약 0.74°C/100년)보다 약 2배 정도(0.13°C/10년) 높은 증가율을 보이고 있다. 또한 1850년대 이후 관측 기록 사상 가장 온도가 높았던 12년 중 10년이 1997년부터 2006년까지에 해당하는 등 기온상승은 현재 더 급격하게 진행 중이므로 지구 온난화에 따른 영향은 더 커질 것이다.

최근 들어 우리나라의 자연 생태계도 과거에는 경험하지 못했던 극한 기후로 인하여 다양한 형태의 반응을 보이고 있는데, 꽃이나 잎의 발아시기가 빨라지고, 사과, 참다래 등 과실의 재배지가 바뀌고 있으며, 쌀이나 보리와 같은 작물의 생육기간이 달라지고 있다. 산림의 경우에도 임상별 식생 면적이 변화하거나 과거에는 없었던 병충해로 인한 피해가 속출하고 있으며, 해양에서는 어종이 달라지거나 수확량이 변화되고 있다. 이와 관련하여 농업, 임업, 수산업 등 여러 분야에서 우리나라가 아열대 기후 특성을 보인다는 연구가 있으며, 계절 시작일 및 지속기간의 변화에 대한 연구들도 있다(박용하 등, 2000; 박종화 등, 2000; 윤성호 등, 2001; 최광용·권원태, 2001; 심교문 등, 2002, 2004; 이승범 등, 2003; 이승호·이경미, 2003; 서형호, 2003; 하장성 등, 2003; 서형호·김점국, 2005; 정재은 등, 2006; 최광용 등, 2006; 권영아 등, 2007a, 2007b; 장동호·권원태, 2007).

기후변화에 따른 계절의 전이는 우리 일상과 밀접한 관련을 가지고 있으므로 주요 연구 대상이며, 기후변화에 대한 적응 방안 및 대책을 강구해야 하는 의사 결정자들이나 기후를 활용하고 있는 사회, 경제, 관광 및 문화 관련 종사자들에게는 필수적인 정보이다. 그동안 계절 시작일 및 지속기간의 시계열 변화 특성이나 현재 관측 자료를 이용한 계절 전이 특성에 대한 연구들

은 일부 있었다(최광용·권원태, 2001; 유진호·강인식, 2002; 최광용 등, 2006; 권영아 등, 2007a). 그러나 미래 계절 변화를 전망한 연구는 권영아 등(2007a)이 계절 시작일 및 지속기간의 시계열 변화 특성을 연구한 것을 제외하고는 거의 없는 실정이다.

권영아 등(2007a)은 우리나라 장기간의 자료를 보유하고 있는 7개 기상관측지점 자료를 이용하여 1920년대부터 2000년대까지 자연 계절 시작일 및 지속기간의 변화 특성을 분석하고 A1B 시나리오에 근거한 MM5 모델 자료를 이용하여 2040년대와 2090년대의 계절 시작일 및 지속기간의 시계열 변화를 전망하였다. 그 결과 1920년대부터 1990년대, 2040년대, 2090년대로 가면서 7개 기상관측지점들에서 봄과 여름 시작일은 점점 빨라지고 가을과 겨울 시작일은 점점 늦어져 여름 지속기간은 길어지고 겨울 지속기간은 짧아지는 경향이라고 하였다. 특히, 부산, 목포, 강릉 등 남해안과 동해안에 위치한 지점들에서는 2090년대 겨울이 사라질 것으로 전망하였다. 그러나 이것은 7개 관측지점에 국한되어 시계열적 변화 특성만을 분석한 것이므로 지역별 특성을 설명하기에는 많은 한계점을 가진다.

본 연구에서는 권영아 등(2007a)이 분석한 7개 기상관측지점을 61개 관측지점으로 확대하여 관측 자료에 의한 현재의 계절 시작일 및 지속기간의 공간 분포 특성을 파악하고 A1B 시나리오<sup>1)</sup>에 근거한 MM5 (Mesoscale Model Version 5) 모델<sup>2)</sup>에서 전망한 2090년대의 자료를 이용하여 현재와 비교함으로써 계절별 시작일 및 계절 지속기간의 공간 분포 변화를 전망하고자 한다.

## 2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서는 1971년부터 2000년까지 연속 자료를 가지고 있는 61개 기상관측지점(일부 자료는 73년부터 있음)에서 관측한 일 기온(평균, 최고, 최저) 자료와 MM5 모델에서 전망한 2090년대(2091~2100년)의 일 기온 자료를 이용하여 계절 시작일 및 지속기간의 공간분포 특성을 분석하였다.

계절별 시작일을 정의하기 위해서는 우선 계절 구분의 기준이 되는 임계치가 필요하며, 임계치가 결정되면 연속적인 기온 자료에서 특정 임계치를 적용시킬 시점을 선정하는 것이 중요하다. 계절 구분의 기준이 되는 임계치는 이병설(1979)의 기준을 적용시켰다. 이병설(1979)은 기온이 계절 변화를 가장 잘 나타내고 있다고 하였으며, 기온을 기준으로 초동(初冬), 엄동(嚴冬), 만동(晩冬), 조춘(早春), 춘(春), 만춘(晩春), 초하(初夏), 장마, 성하(盛夏), 만하(晩夏), 초추(初秋), 추(秋), 만추(晩秋)의 13개 소계절로 구분하였다. 이병설의 계절 구분 임계치는 계절 전이와 관련한 여러 연구에서 자주 인용되고 있는 기준이다(최광용 · 권원태, 2001; 최광용 등, 2006; 권영아 등, 2007a). 본 연구에서는 권영아 등(2007a)의 연구와 마찬가지로 우리나라 기후 특성을 잘 반영하는 이병설의 계절 구분 임계치 기준에 근거하여 봄, 여름, 가을, 겨울의 사계절로 구분하였다. 이병설(1979)은 봄의 시작일은 일 최저기온이 0℃ 이상이고, 일 평균기온 5℃ 이상인 날로 하였으며, 여름의 시작일은 일 평균기온 20℃ 이상, 일 최고기온 25℃ 이상이며, 가을의 시작일은 일 평균기온 20℃ 이하, 일 최고기온 25℃ 이하, 겨울의 시작일은 일 최저기온 0℃ 이하, 일 평균기온 5℃ 이하로 정의하였다.

정의된 특정 임계치를 연속적인 기온 자료에 적용시키기 위하여 권영아 등(2007a)의 연구 방법과 마찬가지로 필터링(filtering) 기법을 이용하였다. 일반적으로 연속적인 기온 자료의 경우, 일주일 간격으로 반복적으로 나타나는 고·저기압의 출현에 의해 일시적인 상승이나 하강현상이 있으므로, 계절 구분의 임계치 선정 시점을 결정하는데 있어서 논란의 여지를 제공할 수 있다(최광용 등, 2006). 본 연구에서는 계절 변화의 시점을 선정하기 위하여 추출하고자 하는 주기내 파동의 진폭이 정확히 나타나도록 그 주기성분을 분리해 낼 수 있는 디지털 필터중의 하나이며, 기상 자료의 주기 분석에 많이 쓰이는 버터워스 필터(Butterworth filter)를 이용하였다(Stearns, 1984; 윤원태 등, 1998; 윤원태 · 부경은, 1999). 또한 계절 현상은 일반적으로 90일 정도의 주기성을 가지고 특징지어지므로 일별로 측정된 기온자료에서 계절변화를 살펴보기 위해서는

90일 이상의 긴 시간규모의 주기성분만을 분리하는 것이 계절의 지속기간 해석에 용이하다. 즉, 로패스 필터(lowpass filter)를 이용하여 90일 이하의 단주기는 통과시키고 계절의 특성을 나타낼 수 있는 장주기 성분만을 남겨두는 것이다(Giles and Flocas, 1984; Youn *et al.*, 2004). 따라서 본 연구에서는 일별 기온 시계열 자료에서 버터워스 로패스 필터를 이용하여 일반적으로 계절의 주기가 되는 90일 이상의 장주기 성분만을 일 평균기온, 일 최저기온, 일 최고기온 시계열 자료에서 추출하였다(권영아 등, 2007a). 필터링한 연속된 일 기온자료에 계절 구분의 임계치 값을 적용시켜 각 계절 시작일을 정의하였으며, 계절 시작일을 기준으로 계절의 지속기간을 산출하였다. 현재와 100년 후의 계절의 전이 특성을 분석하기 위해 현재 관측값은 대푯값의 의미를 가지는 30년(1971~2000) 평년값으로 표현하기 위하여 분석 기간의 계절 시작일 및 지속기간을 평균하여 사용하였다.

미래 계절 시작일 및 지속기간의 변화를 전망하기 위하여 2091년에서 2100년까지의 일 기온(평균, 최고, 최저) 자료를 모델로부터 산출하여 관측 자료와 마찬가지로 로패스 필터를 적용하였다. 모델 자료는 우선적으로 현재 관측값을 잘 모사하는지가 중요하다. 지금까지 미래에 대한 장기간의 기후변화 예측에는 대부분 수백 km의 해상도를 갖는 모델이 주로 사용되어 왔다. 그러나 이러한 기후 모델에 의해 산출된 기후변화 예측 자료는 모델의 분해능과 물리과정의 한계로 인하여 지역적인 특성을 표현하기에는 많은 어려움을 가지고 있었다. 1990년대 초부터는 지역적인 상세규모의 기후자료를 생산하기 위해서 지역기후모델을 이용한 역학적 규모축소(dynamic downscaling) 기법이 널리 연구되어 왔으며(Giorgi, 1990; Hirakuchi and Giorgi, 1995), 우리나라에서도 역학적 규모축소 기법을 이용하여 27km의 해상도를 가지는 MM5 모델에 의한 상세 기후변화 시나리오를 생산하였다(기상연구소, 2002, 2003, 2004). 현재 기후에 대한 모델의 모의 성능 평가를 위하여 1971~2000년까지 CRU(Climatic Research Unit)<sup>3)</sup>의 평균기온과 강수량(New *et al.*, 1999) 자료를 사용하여 MM5 모델 자료와 비교 검증하였다. 검증 결과 모델과 CRU 재분석 자료간의 전반적인 수평분포는

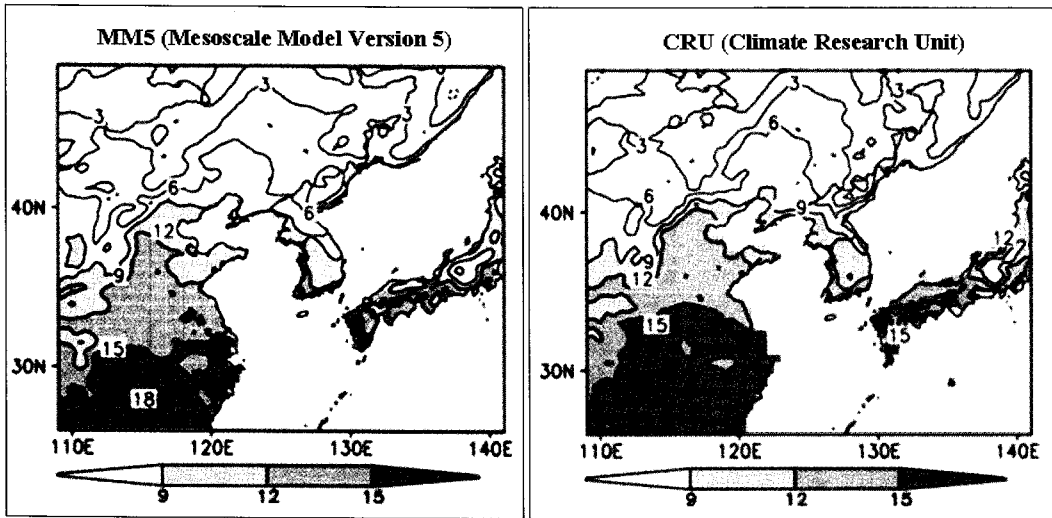


그림 1. MM5 모델 전망 자료와 재분석 자료(CRU) 비교

유사하고 전체적으로 산맥의 영향도 잘 반영하였다(그림 1). 또한 기상청 관측 자료와 MM5 모델의 모의결과와 비교 검증하였는데, 전체적인 변동 추세가 유사하다(기상연구소, 2006).

본 연구에서는 모델 미래 전망 자료를 이용함에 있어서 권영아 등(2007a, 2007b)의 연구 방법과 동일한 방법이 적용되었다. 우선, 분석에 이용할 관측 자료 기간과 동일한 기간의 모델 예측값을 산출하고 미래(2091~2100년) 모델 예측값과의 차이로부터 모델 기온 증가분을 계산하였다. 모델자료로부터 계산된 기온 증가분을 현재 관측 자료에 더함으로써 2090년대의 전망자료를 재산출하였다.

현재와 미래 계절 시작일의 공간 분포도는 일 값에 율리우스일(Julian day)을 적용시켜 평균한 후 지도화하였다. 100년 후의 계절 시작일 및 지속기간이 현재보다 어떻게 변화되었는지 전망하기 위하여 2091년부터 2100년까지 10년 평균값을 계산하여 지도화하였다.

### 3. 계절별 시작일의 공간 분포 변화 전망

기온 임계치를 기준으로 구분한 계절별 시작일의 공간 분포는 우리나라의 기온 분포 특징과 유사하게 나타난다. 각 계절별로 약간의 차이는 있으나 전체적으로 계절 시작일은 위도, 지형, 해양의 영향을 많이 받고 있기 때문에 뚜렷한 지역적인 차이를 보인다.

그림으로 제시하지는 않았으나 본 연구에서 관측 자료를 분석한 결과에서도 1970년대, 1980년대, 1990년대로 가면서 봄 시작일은 점차 빨라지고 있는 것으로 나타났다. 1970년대에 비해 1990년대에는 봄 시작일이 남해안과 동해안을 따라서는 8일정도 빨라지고 남부 내륙은 6일, 중부 내륙은 4일정도 빨라지는 것으로 분석되었다. 즉, 위도가 낮고 해안에 인접한 지역일수록 봄 시작일이 더 빨라지고 있음을 알 수 있다. 이는 관측값을 이용하여 계절 시작일의 공간 분포 특성을 연구한 최광용 등(2006)의 연구 결과와 유사하다.

30년 평년값에 의한 봄 시작일의 공간 분포 특징을 보면, 위도도 낮고 난류의 영향을 받는 제주도 서귀포(2월 5일)에서 가장 봄이 빨리 시작된다. 해안지역에서도 서해안보다는 동해안에서 봄 시작일이 빠르며, 내

륙 산지지역은 3월 17일 이후에 봄이 시작된다. 영동 지역은 3월 중순에 봄이 시작되는 반면, 영서지역은 영동지역보다 10일 정도 늦은 3월 하순에 봄이 시작된다. 가장 봄이 늦게 시작되는 곳은 강원도 산간지역으로 관측지점 중 해발고도가 가장 높은 대관령의 경우는 4월 이후에 봄이 시작된다. 이것은 봄이 가장 빨리 시작되는 부산과는 40일 정도 차이가 나는 것이다(그림 2).

미래 전망 자료에 의한 2090년대의 봄 시작일은 내륙 산지 지역에서 가장 늦고 위도가 낮을수록, 그리고 해안에 가까울수록 봄 시작일이 빨라질 것으로 전망되었다. 즉, 현재보다 평균적으로 남부지방은 한 달 반 정도 빨라지고 중부지방은 한 달, 산지 지역은 15일 정도 빨라지는 등 지역적 특성에 따라 빨라지는 일수가 달라졌다. 영동지역과 영서지역의 봄 시작일의 차이도 현재보다 미래에는 더 커질 것으로 전망되었는데 3월 중순에 봄이 시작되었던 영동 해안 지역들이 1월말로 한 달 반 이상 봄이 빨라진 반면, 영서 내륙지역은 10일~15일 정도 빨라져 그 차이는 한 달 이상이 될 것이다. 미래 전망자료에 의하면 제주도과 울릉도를 포함한 남해안 및 동해안 지역과 일부 남부 내륙지역은 1월 28일 이전에 봄이 시작된다. 이 지역들의 경우는 2090년대에는 겨울에 해당하는 기간이 없어지는 것으로 전망되기 때문에 봄 시작일이라고 해도 다른 지역들의 봄 시작일 기준 임계치 온도보다 높은 온도이다(그림 3).

여름 시작일의 공간 분포 유형은 현재와 미래가 유사했으며, 해양에 인접한 지역일수록 빨랐던 봄 시작일의 분포 패턴과는 다르게 해안지역보다는 내륙지역 일수록 여름 시작일이 빨랐다. 따라서 현재 산지 지역을 제외하고 남부 지방에 위치한 충청도 및 전라북도 내륙지역과 경상도 내륙지역의 여름 시작일은 6월초로 빨랐다. 그 외 서울, 광주 등 대도시 지역도 도시화의 영향으로 6월 초에 여름이 시작되었으며, 대도시이면서 분지형의 특성을 가지고 있는 대구는 전국에서 여름 시작일이 가장 빠른 5월 말에 여름이 시작되었다. 남해안은 여름 시작일이 6월 중순으로 내륙보다 일주일 정도 늦게 시작되었다. 제주도의 경우에도 남해안과 비슷하게 시작되며, 해안에 위치해 있으나 위도가

가장 낮은 서귀포 지역의 경우는 여름 시작 시기가 빠른 내륙지역과 비슷하게 시작되었다. 여름 시작일은 내륙지역 다음으로는 남해안과 동해안 및 서해안이 빨리 시작되었으며, 해발 고도가 높은 산지지역에서 늦게 시작되었다. 강원 산간지역은 대부분 7월 중순에 시작되고 가장 여름 시작일이 늦은 대관령 지점의 경우는 7월 하순으로 여름이 가장 빨리 시작되었던 대구와는 2개월 정도 차이가 난다(그림 4).

2090년대의 여름 시작일은 전국적으로 현재보다 30일 정도 빨리 시작되는 것으로 전망되었는데, 평년값에 의한 공간 분포와 마찬가지로 내륙지역이 5월 상순으로 가장 빨리 시작된다. 그러나 현재 관측값에서는 소백산맥 서쪽과 동쪽에 위치한 내륙이 유사한 경향이었으나 미래 전망자료에서는 소백산맥 서쪽에 위치한 내륙지역보다 동쪽에 위치한 경상도 내륙지역의 여름이 4일 정도 더 빨리 시작되는 것으로 전망되었다. 현재와 마찬가지로 미래에도 가장 여름이 빨리 시작되는 지역은 대구로 4월말에 시작될 것으로 전망되었다. 이는 현재보다 한 달 정도 더 빨리 시작되는 것이다. 강원도 산간지역도 5월말이나 6월초에 여름이 시작될 것이며, 해발고도가 가장 높은 대관령의 경우는 6월 중순에 여름이 시작될 것이다. 가장 여름이 빨리 시작되는 대구와 가장 늦게 시작되는 대관령은 2090년대에는 한 달 반 정도 차이가 날 것이다(그림 5).

가을 시작일의 공간 분포도는 봄 시작일의 분포와 마찬가지로 위도와 해양, 지형의 영향을 받아 위도가 낮을수록, 내륙에서 해안으로 갈수록, 해발고도가 낮을수록 가을 시작일이 늦어지는 경향을 보인다. 현재 평년값의 공간 분포 특성을 보면, 가을은 10월 초에 시작되는 제주도가 가장 늦었으며, 남해안 지역은 9월말에 가을이 시작되었다. 대체로 남부 지역은 9월 20일 이후에 가을이 시작되지만 소백산맥 주변의 산지지역은 9월 20일 이전에 시작되며, 지리산 주변 지역들은 9월 12일 이전에 시작된다. 위도가 높은 강원 산지 지역은 8월 중순에 가을이 시작되는데, 가장 빨리 시작되는 대관령은 8월 초에 시작된다. 영동지역과 영서지역을 비교해 보면, 영서지역이 영동지역보다 일주일 정도 가을 시작일이 빠르다(그림 6).

2090년대에도 가을 시작일의 분포 경향은 현재와 유

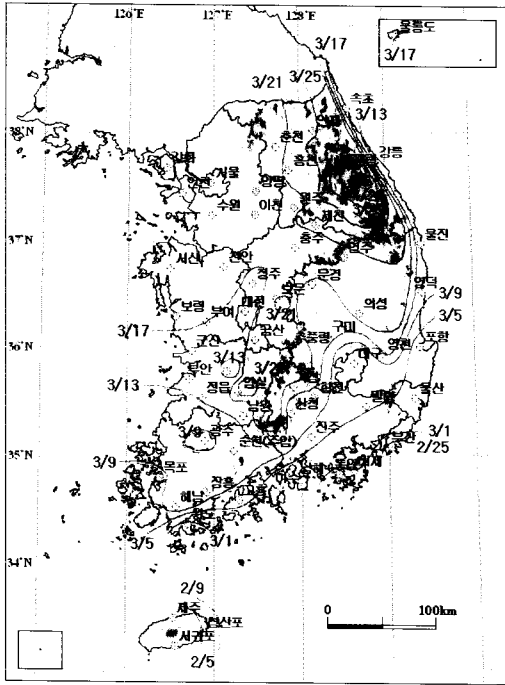


그림 2. 30년 평년값(1971~2000)의 봄 시작일

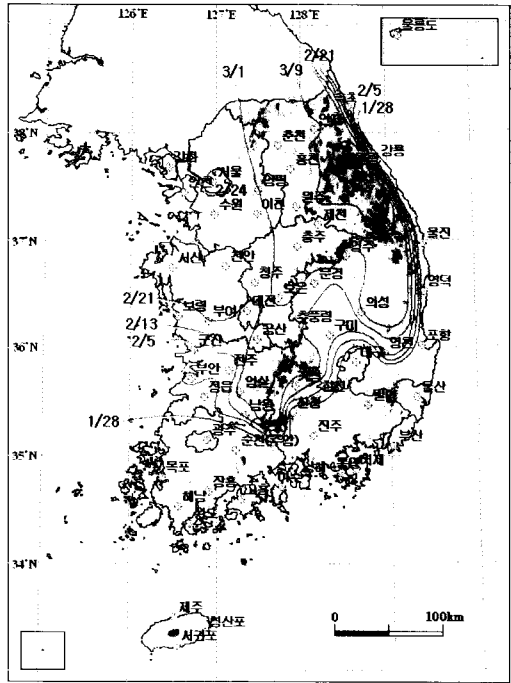


그림 3. 2090년대의 봄 시작일

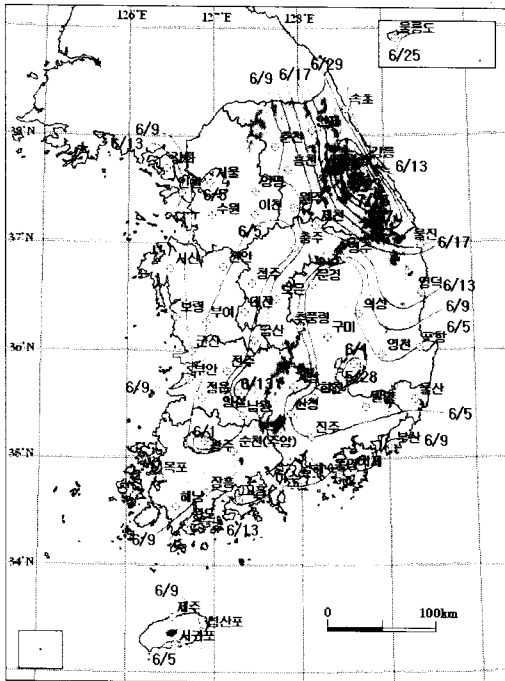


그림 4. 30년 평년값(1971~2000)의 여름 시작일

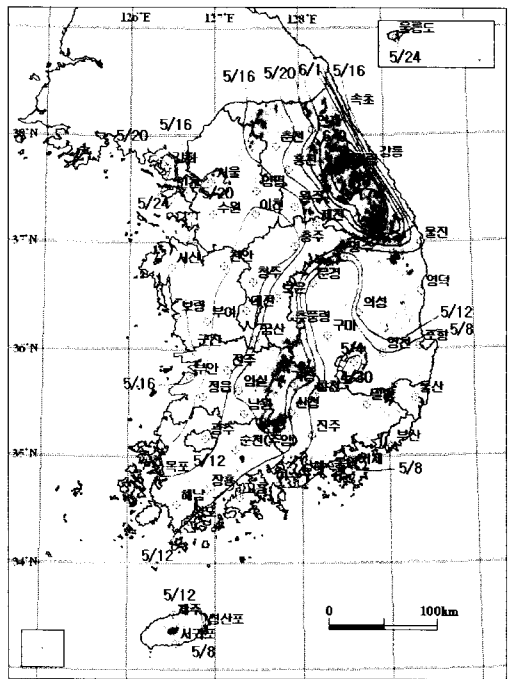


그림 5. 2090년대의 여름 시작일

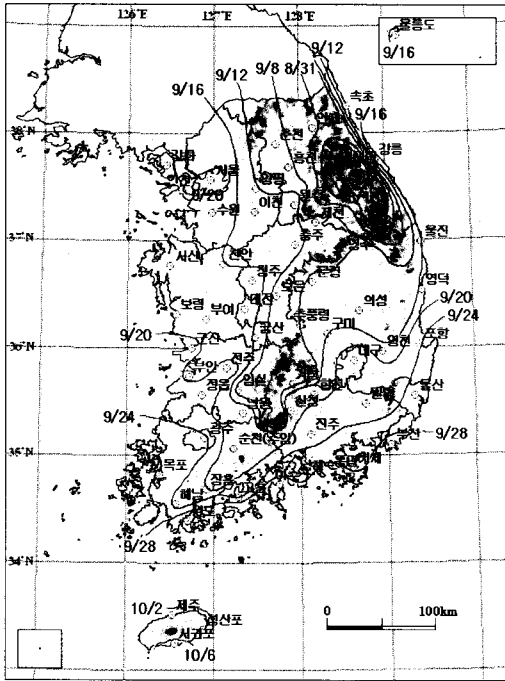


그림 6. 30년 평년값(1971~2000)의 가을 시작일

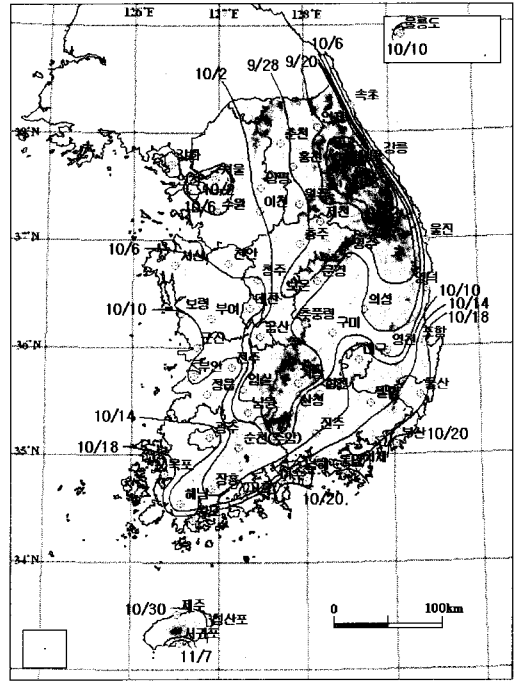


그림 7. 2090년대의 가을 시작일

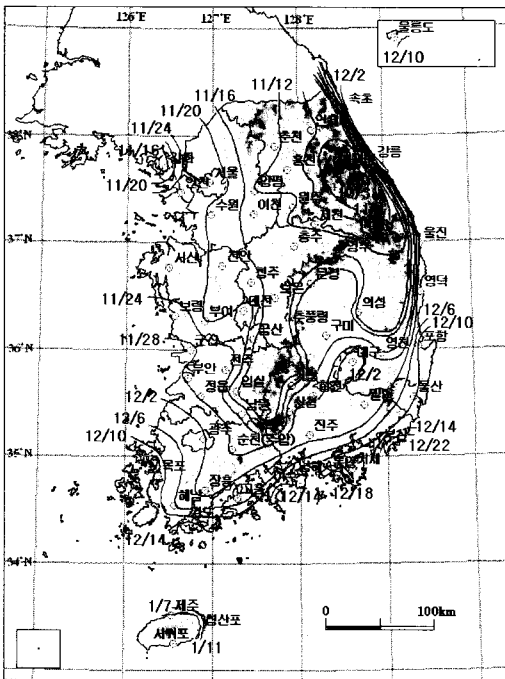


그림 8. 30년 평년값(1971~2000)의 겨울 시작일

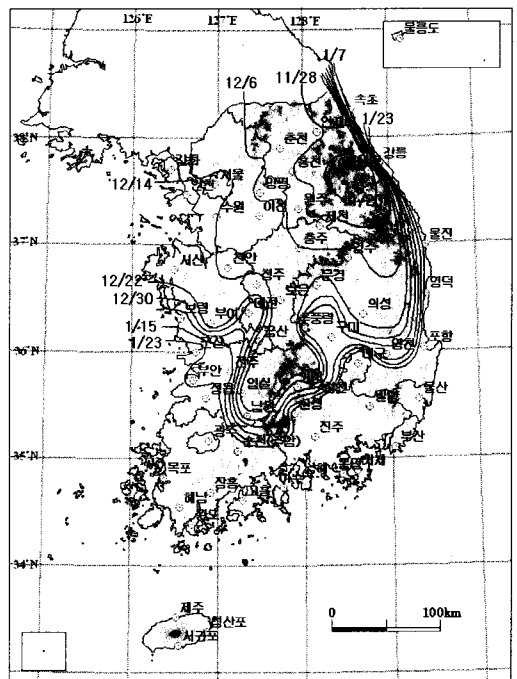


그림 9. 2090년대의 겨울 시작일

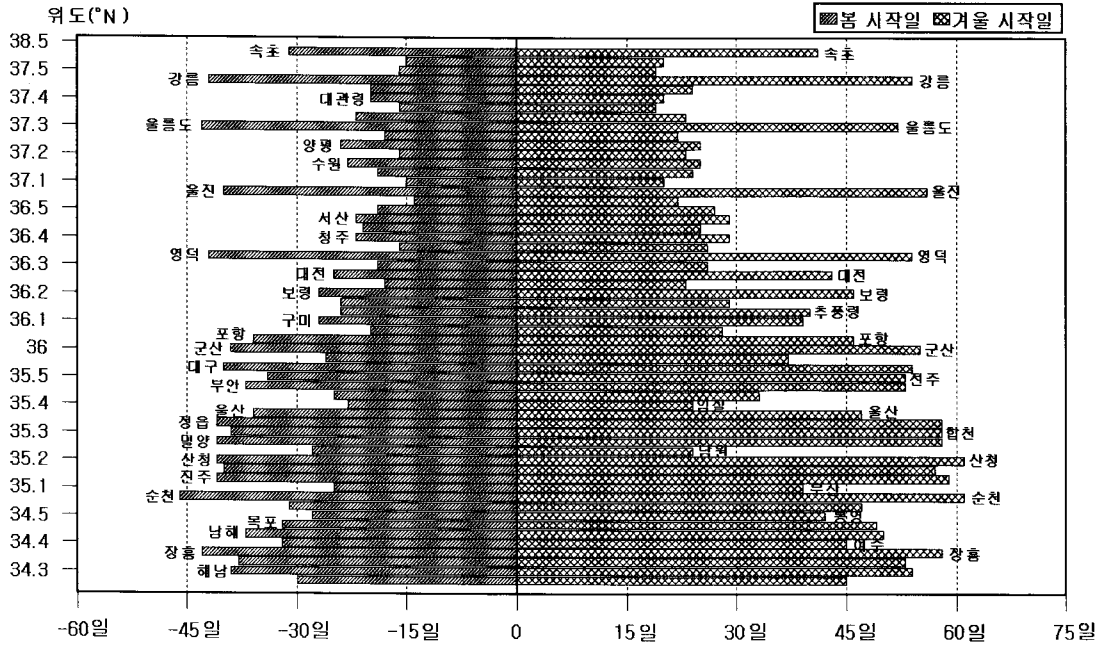


그림 10. 위도별 봄 시작일과 겨울 시작일의 증감일수(평년값 대비 2090년대)

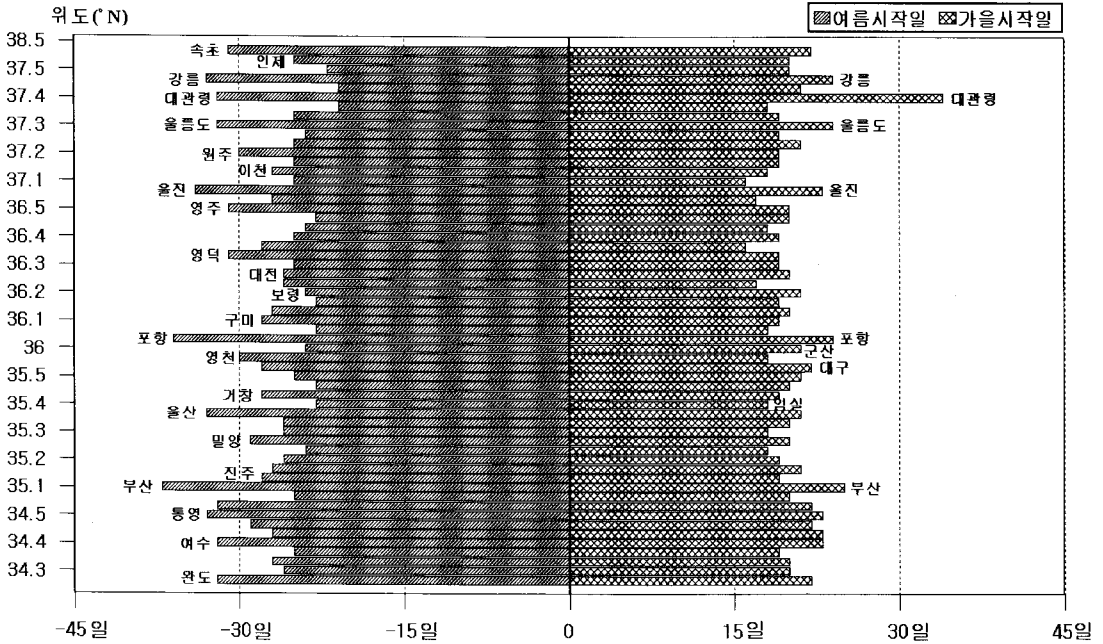


그림 11. 위도별 여름 시작일과 가을 시작일의 증감일수(평년값 대비 2090년대)



사하며, 전체적으로 가을 시작일이 현재보다 20일정도 늦어질 것으로 전망되었다. 가장 위도가 낮은 서귀포는 11월 8일에 가을이 시작되고 제주도는 10월말, 남해안 지역은 10월 중순에 가을이 시작될 것이다. 남해안 지역은 10월 중순 이후에 시작되고 내륙 산지지역으로 갈수록 가을 시작일은 빨라져 9월말에 가을이 시작될 것이다. 강원 산지 지역은 9월 20일 이전에 가을이 시작되며, 가장 빨리 시작되는 대관령의 경우는 9월 초에 가을이 시작될 것이다. 현재 평년값과 미래 전망자료 모두에서 가을이 시작되는 날짜의 차이는 있으나 가장 가을이 빠른 지점(대관령)과 가장 늦은 지점간(서귀포)의 차이는 2개월 정도로 같아서 위도에 따른 기온 증감의 차이는 없는 것으로 보인다. 또한 서울을 비롯한 대도시 지역은 주변 지역에 비해 5일 정도 가을이 늦게 시작되는데 이는 도시화 효과에 의한 것으로 생각된다(그림 7).

지구 기온이 상승함에 따라 계절 시작일의 변화에서 가장 두드러진 차이를 보이는 것은 겨울철이다. 평년값에 의한 현재 겨울 시작일의 공간 분포를 보면, 제주도는 1월 상순에 겨울이 시작되고 남해안은 12월 6일 이후, 동해안은 12월 초에 시작되었다. 중부 서해안 및 내륙지역은 11월 24일 경에 시작되었다. 내륙 산지 지역은 11월 중순 이전에 겨울이 시작되었으며, 가장 겨울이 빠른 대관령 지점은 10월 말에 시작되었다. 겨울에는 우리나라가 시베리아 고기압에 의한 차가운 북서풍의 영향을 받기 때문에 서해안을 중심으로 위도가 높을수록 겨울 시작일이 빨라지는 특징을 보이며, 위도가 가장 높은 강화 지점은 내륙 산지 지역과 마찬가지로 11월 16일 이전에 겨울이 시작되었다. 울릉도는 남해안과 마찬가지로 12월 10일경에 겨울이 시작되었다(그림 8).

2090년대 전망자료에서는 강원도 내륙 산지 지역을 제외하고는 모두 12월 이후에 겨울이 시작되는 것으로 전망되었다. 특히, 위도가 낮을수록 겨울 시작일은 급격히 늦어지는 경향이었으며, 제주도와 울릉도를 포함한 남해안 및 동해안, 남서해안 지역과 남부 내륙지역은 겨울이 없을 것으로 전망되었다. 중부 내륙지역과 산지 지역은 12월 중순쯤 겨울이 시작되며, 강원 산지 지역은 11월 말에, 가장 겨울이 빨리 시작되는 대관령

은 11월 중순에 시작되는 것으로 전망되었다(그림 9).

그림 10과 11은 각 계절별 시작일의 지역적 분포 특성을 정량적으로 파악하기 위하여 현재 30년 평년값 대비 2090년대의 증감 정도를 위도별로 모식화 한 그림이다. 봄 시작일과 겨울 시작일은 위도에 따른 차이가 뚜렷하게 나타났다. 즉, 위도가 낮을수록 평년값 대비 2090년대에는 봄 시작일은 빨라지고 겨울 시작일은 늦어질 전망이다. 봄 시작일은 평균적으로 중부지방에서는 현재보다 20일 정도 더 빨라지고 남부지방은 35일 정도 빨라질 것이다. 반면, 겨울 시작일은 중부지방은 현재보다 20일 정도 늦어지고 남부지방은 45일 이상 더 늦어질 것으로 전망되어 봄 시작일과는 상반된 결과가 나왔다. 그러나 위도별 증감 패턴이나 증감 정도는 봄과 겨울 시작일이 유사했다. 중부지방에서도 동해안 지역에 속하는 속초, 강릉, 울진, 영덕 등은 비슷한 위도대의 다른 지역들에 비해 봄 시작일은 2배 이상 더 빨라지고 겨울 시작일은 2.5배 이상 늦어지는 추세였다. 즉, 비슷한 위도대의 다른 지역들보다 봄은 더 빨리 시작되고 겨울은 더 늦게 시작됨에 따라 중부 지방에 위치하고 있지만 남부 지방과 유사한 특성을 보인다(그림 10).

여름 시작일과 가을 시작일은 봄이나 겨울 시작일과는 다르게 위도에 따른 차이가 뚜렷하게 나타나지 않는다. 여름 시작일은 전반적으로 평년값 대비 2090년대에는 25일 이상 빨라졌으나, 동해안 지역과 남해안 지역 및 대관령 지역에서는 30일 이상으로 다른 지역들보다 7~10일 이상 더 빨라질 것으로 전망되었다. 가을 시작일은 전체적으로 20일 정도 늦어지는 것으로 전망되었으며, 지역별 차이는 크지 않았다. 그러나 해발 고도가 가장 높은 곳에 위치한 대관령 지점은 가을 시작일이 평년값에 비해 한 달 이상 늦어질 것으로 전망되어 관측지점 중 가장 큰 변화를 보일 것으로 전망된다(그림 11).

#### 4. 계절별 지속기간의 공간 분포 변화 전망

61개 기상관측지점의 1971년부터 2000년까지의 계

절 길이의 시계열 변화를 보면, 7개 기상관측지점을 가지고 분석한 권영아 등(2007a)의 연구 결과와 마찬가지로 여름철 지속기간은 증가하고, 겨울철 지속기간은 감소한다.

현재 여름 지속기간의 공간 분포를 보면, 위도가 가장 낮은 서귀포가 125일로 가장 긴 여름철을 가지며, 여름 시작일이 가장 빨랐던 대구도 121일로 주변에 비해 여름 지속기간이 길게 나타났다. 남부 지방에서 소백산맥 주변 지역을 제외한 내륙 및 해안지역은 여름 지속기간이 3개월 반 이상으로 긴 여름을 나타낸다. 중부 지방은 3개월 내외의 여름철을 가지나 중부 산지 지역으로 갈수록 짧아져서 강원도 대부분의 지역들은 여름 지속기간이 3개월 이하이다. 중부 동해안에서는 강릉이 3개월 반으로 가장 긴 여름을 보였고 속초나 울진 지점은 3개월 미만이었다. 비슷한 위도에서도 서울이나 수원, 대전, 청주 등 내륙에 위치한 대도시 지역은 도시화 효과에 의해서 주변에 비해 10~15일 정도 더 긴 여름철을 가진다. 해발고도가 높은 대관령은 10일 정도로 분석지점 중 여름 지속기간이 가장 짧았다. 울릉도는 2개월 반 정도의 여름 지속기간을 갖는다(그림 12).

2090년대의 여름 지속기간의 지역적 분포를 보면 제주도 및 남동해안 지역이 5개월 반 이상으로 매우 긴 여름을 가질 것으로 전망되었다. 특히, 서귀포의 경우는 6개월 이상이 여름철이 될 것이다. 남부 내륙지역도 5개월 이상의 여름철을 가지며, 대구의 경우에는 5개월 반 이상으로 거의 6개월 가까이 여름철이 지속될 것으로 전망되었다. 그러나 남부 지방에서도 소백산맥 주변에 인접한 지점들은 상대적으로 주변 지점들에 비해 여름철을 짧다. 상대적으로 위도가 높은 중부 내륙 지역은 4개월 반에서 5개월 정도의 여름을 가지며, 강원 산지 지역은 4개월 반 이하의 여름을 가진다. 현재는 여름 지속기간이 10일 정도였던 대관령도 2090년대에는 78일로 거의 2개월 반 정도로 여름 지속기간이 늘어날 전망이다. 현재 평년값과 2090년대의 여름 지속기간의 공간 분포를 비교해 보면, 전체적으로 분포 패턴은 같지만 계절 지속기간의 차가 한 달 반(45일) 이상 차이가 나고 있음을 알 수 있다(그림 13).

겨울 지속기간의 공간 분포 특성을 보면, 위도가 높을수록 그리고 해안지역 보다는 내륙지역일수록 겨울

철이 길어지고 해발고도가 높을수록 겨울 지속기간이 긴 것으로 나타났다. 제주도의 해안지역은 평년값에 의한 현재 겨울 지속기간이 15일 이하이며, 서귀포의 경우는 본 연구에서 제시한 계절 임계치 기준에 의한 겨울철이 존재하지 않았다. 부산과 통영의 경우에도 겨울 지속기간은 2개월 반 이하로 매우 짧았으며, 목포와 남해안 및 동해안 남부 지역은 3개월 정도 겨울이 지속되는 것으로 분석되었다. 위도는 높으나 동해안에 인접한 속초, 강릉, 울진 등은 남부 내륙지역과 마찬가지로 3개월 반 이하의 겨울철을 가진다. 위도가 높은 중부 내륙지역과 해발고도가 높은 남부 산지지역은 겨울 지속기간이 4개월 이상되었고 가장 해발고도가 높은 대관령은 5개월 이상으로 겨울철이 가장 길었다(그림 14).

2090년대의 겨울 지속기간의 분포를 보면, 제주도와 울릉도 및 남부 산지지역을 제외한 남부 내륙지역(전라남도와 경상남도)과 강릉까지의 동해안 지역에서 겨울철이 사라질 것으로 전망되었다. 또한 서해안 지역에서도 위도가 낮은 군산이나 부안을 포함하여 전주나 대구 등의 대도시 지역에서도 겨울철이 존재하지 않을 것으로 전망되었다. 그러나 중부 서해안의 경우에는 해안지역이지만 비슷한 위도에 위치한 동해안 지역이나 남해안 지역과는 달리 2개월 이상의 겨울 지속기간을 갖는데 이는 겨울철에 차가운 북서풍의 영향을 직접적으로 받는 곳에 위치하고 있고 해수 온도가 상대적으로 낮기 때문으로 생각된다. 해발고도가 높은 강원 산지 지역은 대부분 3개월 이상의 겨울철을 가지며, 대관령은 4개월 이상 겨울이 지속될 것이다. 현재 대비 2090년대의 겨울 지속기간을 보면, 위도가 낮을수록 겨울 지속기간의 감소폭은 커져서 남부지방은 3개월 정도 겨울 지속기간이 감소하고 중부지방은 1~2개월 정도 감소할 것으로 전망되었다(그림 15).

계절별 지속기간의 특징을 위도별로 정량화해서 보기 위하여 평년값 대비 2090년대의 각 지점별 지속기간의 증감일수를 위도별로 도식화하였다(그림 16과 17). 현재 대비 2090년대의 봄 지속기간의 변화를 보면, 중부 지방은 대부분 짧아질 것이나 부산을 비롯한 일부 지역을 제외한 남부 지방은 오히려 늘어나는 경향이다. 반면, 가을 지속기간은 대관령과 인제, 춘천을

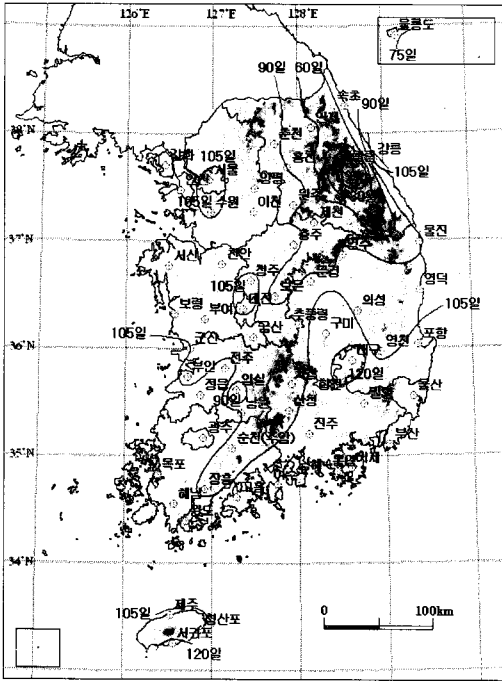


그림 12. 30년 평년값(1971~2000)의 여름 지속기간의 분포

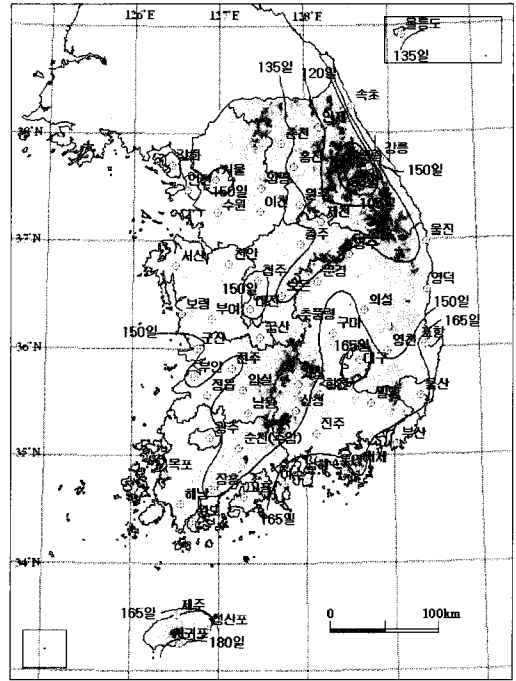


그림 13. 2090년대의 여름 지속기간의 분포

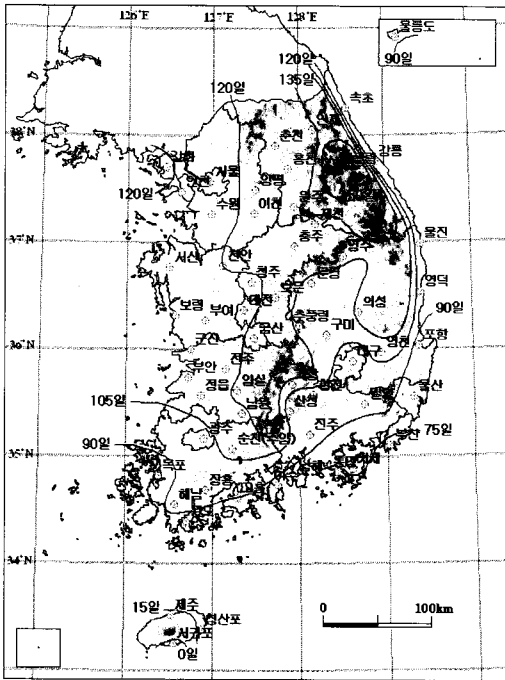


그림 14. 30년 평년값(1971~2000)의 겨울 지속기간의 분포

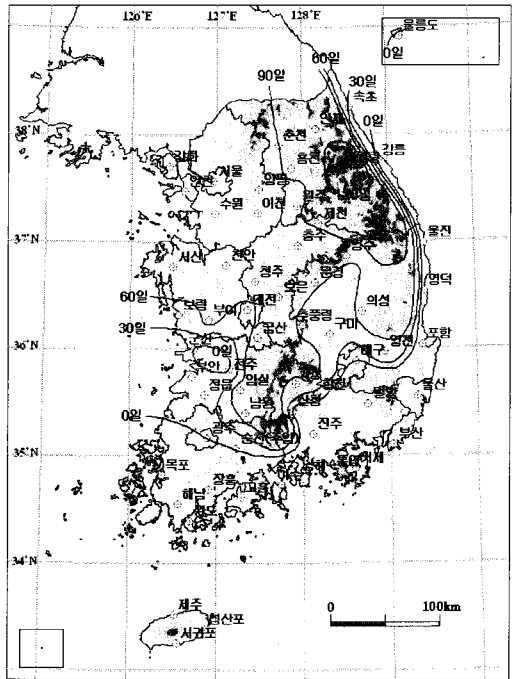


그림 15. 2090년대의 겨울 지속기간의 분포

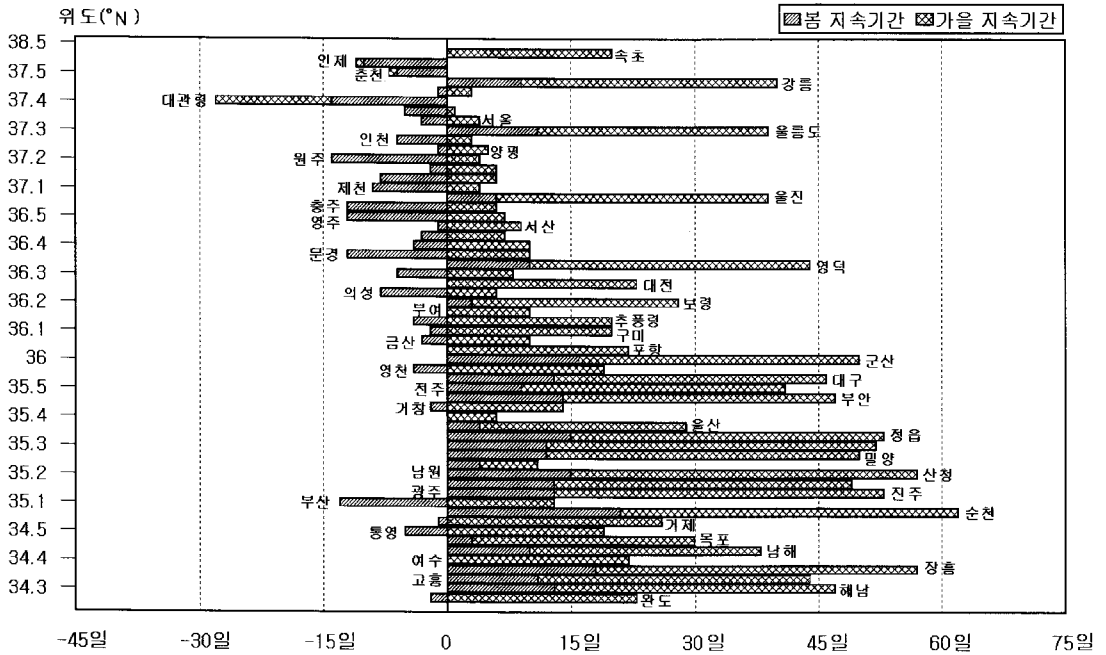


그림 16. 위도별 봄 및 가을 지속기간의 증감일수(평년값 대비 2090년대)

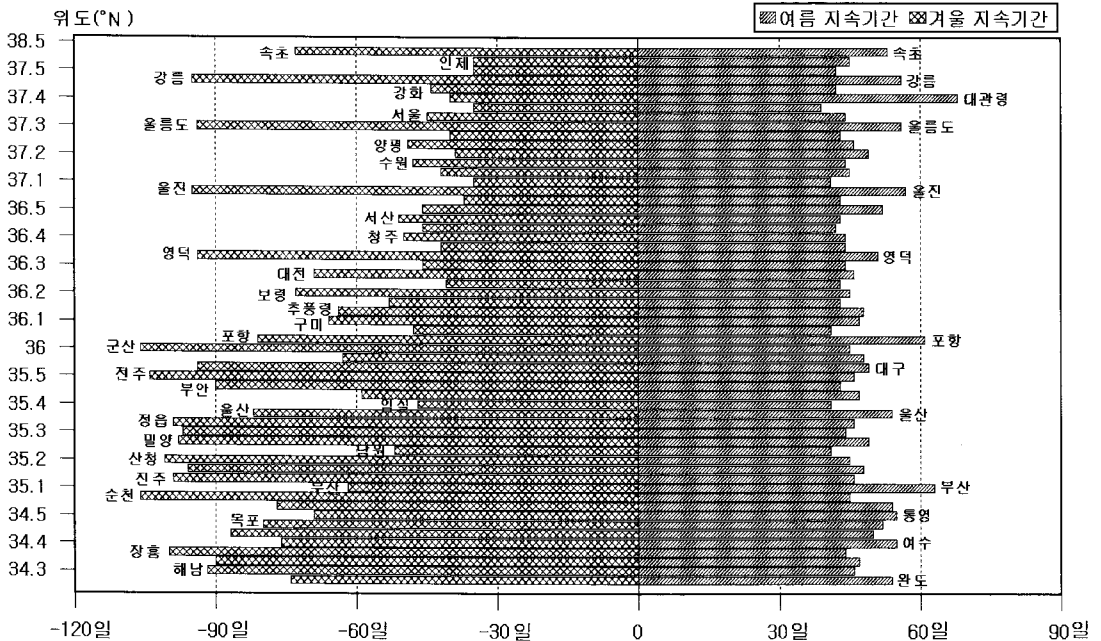


그림 17. 위도별 여름 및 겨울 지속기간의 증감일수(평년값 대비 2090년대)

제외한 모든 지역에서 현재보다 더 늘어나는 경향이었으며, 동해안 지역과 남부 지방으로 갈수록 증가폭은 더 커져 동해안 지역은 40일 정도 가을 지속기간이 증가하며 남해안의 대부분은 50일 정도 증가할 것으로 전망되었다. 겨울 지속기간은 2090년대에는 모든 지역에서 현재보다 감소하는데, 특히 위도가 낮을수록 겨울 지속기간이 짧아져서 중부지방은 40일 정도 감소하나, 일부를 제외한 대부분의 남부 지방은 중부 지방의 두 배에 해당하는 80일 정도가 짧아져서 거의 3개월 정도 겨울 지속기간이 감소할 것으로 전망되었다. 특히, 군산이나 전주, 순천, 장흥, 산청 등 남부 일부 지역들은 100일 이상 겨울철이 감소할 것으로 전망되었다. 동해안 지역은 속초나 포항은 75~80일 정도이고 그 외 강릉, 울진, 영덕 등은 3개월 이상(95일) 겨울이 감소할 것이다. 여름 지속기간은 전 지역에서 현재보다 2090년대에는 45일 정도 증가할 것이며, 속초, 강릉, 울릉도, 울진, 포항, 울산, 부산 등 동해안에 위치한 지점들은 주변에 비해 5~10일 정도 더 긴 여름철을 보일 것이다. 부산과 포항의 경우에는 현재보다 2개월 이상 여름 지속기간이 증가할 것이다. 여름 지속기간의 가장 두드러진 증가를 보인 지점은 해발고도가 가장 높은 대관령 지점으로 현재 대비 2090년대에는 70일 이상 여름철이 증가할 것으로 전망되었다.

## 5. 요약 및 결론

최근 들어 지구 온난화가 계절 시작일이나 계절 지속기간의 변화에 영향을 미치고 있다는 연구 결과들이 발표되기 시작하면서 사회, 정치, 문화, 경제 등 여러 분야의 정책 수행자나 의사 결정자들은 이에 대한 대책을 마련하기 위하여 미래 기후에 대한 정보를 필요로 한다. 본 연구에서는 1971년부터 2000년까지의 30년 관측 자료와 2090년대의 모델 전망 자료를 이용하여 계절 시작일 및 계절 지속기간의 공간 분포 변화를 전망하였다.

계절별 시작일의 공간 분포를 분석한 결과 계절 시작일은 위도, 해양, 지형 및 해발고도 등에 따라 계절

시작일이 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 특히, 봄 시작일과 겨울 시작일은 위도의 영향을 많이 받으며, 해양과 해발고도에 따른 지역적 차이를 가장 뚜렷하게 나타냈다. 그러나 여름 시작일과 가을 시작일의 경우에는 지역별 차이가 크지 않았으며, 위도보다는 오히려 해양이나 지형에 의한 영향을 더 많이 받은 것으로 나타났다.

봄 시작일의 30년 평년값 분포를 보면, 제주도를 비롯하여 남·동해안쪽으로 봄이 빨리 시작되며, 중부 지방보다는 남부 지방이 봄이 빨리 시작되었다. 2090년대에도 평년값과 마찬가지로 봄 시작일은 내륙 산지 지역에서 가장 늦고 위도가 낮을수록, 그리고 해안에 가까울수록 봄 시작일이 빠를 것으로 전망되었다. 평년값 대비 2090년대의 봄 시작일을 보면, 중부 지방은 15일 정도 빨라지고 남부 지방은 30일 정도 빨라질 것이다. 중부 지방에서도 동해안에 위치한 속초, 강릉, 울진, 영덕, 울릉도는 봄 시작일이 45일 정도 빨라져서 같은 위도대의 내륙 지역보다는 3배, 서해안보다는 2배 정도 봄이 빨리 시작될 것이다.

여름 시작일의 전체적인 분포 경향은 현재와 미래가 유사했으며, 봄 시작일과는 다르게 해안지역보다는 내륙지역일수록 여름 시작일이 빨랐다. 이는 비열 차에 의한 것으로 생각된다. 여름 시작일은 내륙지역 다음으로는 남해안과 동해안 및 서해안이 빨리 시작되었으며, 산지지역으로 갈수록 여름 시작일은 늦어졌다. 전체적으로 현재보다 2090년대에는 25일 정도 빨라질 것이고 위도에 의한 차이보다는 해양이나 지형적 원인에 의해 동해에 인접한 지역이나 산지에 인접한 지역에서 여름 시작일의 증가 정도가 더 클 것으로 전망되었다.

가을 시작일의 공간 분포는 위도가 낮을수록, 내륙에서 해안으로 갈수록 가을 시작일이 늦어지는 경향을 보이며, 이러한 분포 경향은 2090년대에도 유사하다. 그러나 평년값 대비 2090년대의 변화를 전망해보면, 위도에 따른 지역적인 차이는 거의 없으며, 전체적으로 비슷하게 20일 정도 가을 시작일이 늦어질 것이다.

겨울 시작일은 지구 기온 상승에 의해 가장 두드러진 변화를 보이는데, 위도가 낮을수록, 해안에 인접할수록 늦게 시작되던 것이 2090년대에는 급격히 늦어져

남해안과 동해안 및 남서해안 지역은 겨울 시작일이 없는 것으로 전망되었다. 이는 권영아 등(2007a, 2007b)의 연구 결과와 유사하다. 평년값 대비 2090년 대에는 남부 지방은 현재보다 겨울이 50일 정도 늦게 시작되고 중부 지방은 20일 정도 늦어지는 것으로 전망되었다. 또한 중부 동해안 지역은 주변 지역에 비해 겨울 시작일이 50일 이상 늦어졌는데, 이는 해양 및 지형의 영향으로 생각된다.

각 계절별 지속기간의 공간 분포 특성을 보면, 봄 지속기간의 경우, 중부 지방은 대부분 감소했으나 부산을 비롯한 일부 지역을 제외한 남부 지방은 오히려 증가한 경향이였다. 반면, 가을 지속기간은 대관령과 인제, 춘천을 제외한 모든 지역에서 늘어난 경향이였으며, 동해안 지역과 남부 지방으로 갈수록 지속기간의 증가폭은 더 커졌다. 겨울 지속기간은 모든 지역에서 감소하였는데, 특히 위도가 낮을수록 짧아져서 중부지방에 비해 남부 지방은 거의 두 배정도 짧아지는 추세였다. 여름 지속기간은 모든 지역에서 증가하였는데 증가정도는 대부분 비슷하였으며, 동해안에 위치한 지점들이 주변에 비해 10일 정도 더 긴 여름철을 보였다.

이상의 결과들은 기상 정보를 활용한 산업 마케팅이 활성화 되면서 지방 차치 단체에서는 민감한 정보이다. 최근에는 지역별 기상 정보에 대한 수요가 급격히 늘어나고 있는 실정이다. 특히, 식생이나 작물의 개화 시기, 해수욕장 및 스키장의 개장일, 단풍 시기 등과 같이 경제 산업에 직접적인 영향을 주는 계절 시작일 및 지속기간에 관한 정보는 지역별 산업 마케팅과 정보는 지역별 산업 마케팅과 관련한 분야에서는 생산해 내는 물량의 조절이나 아이템 개발, 수요 증가에 대비한 대책을 마련할 수 있도록 정보를 제공해준다.

매년 변화에 대응한 대책도 중요하지만 국가적 차원에서는 장기적인 인프라를 구축해야하므로 매년의 변동 뿐 아니라 장기적인 변화 경향을 파악하고 향후 변화에 대해 전망하는 것은 필수적이다. 앞으로도 지속적으로 장기적인 변화 추세를 주시하고, 좀 더 지역적인 규모에서 지형이나 토지피복 등과 같이 기온에 영향을 미칠 수 있는 특성을 반영할 수 있는 지역 모델을 개발하여 미래 기후를 지역별로 정확히 전망하는 일이 필요하다.

## 謝辭

국립기상연구소의 기후변화 시나리오를 사용하였다.

## 註

- 1) IPCC 배출 시나리오 특별보고서(Special Report on Emission Scenarios)의 A1B 시나리오는 이산화탄소의 배출량이 점차 증가하여 2050년경에 정점에 도달한 다음 그 이후 다소 감소하는 시나리오로 2100년경 대기 중 이산화탄소 농도는 700ppm에 도달할 것으로 예상하고 있다.
- 2) 한반도를 중심(38°N, 125°E)으로 27km 해상도를 가지며, 125(동서)×105(남북)의 격자점으로 구성되어 있다.
- 3) CRU(Climata Research Unit)재분석 자료는 전 지구의 지점 관측 자료를 0.5°×0.5°의 동일한 간격으로 다시 격자화한 육상 자료이다.

## 文獻

- 권영아·권원태·부경은, 2007a, "A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 자연 계절 시작일 및 지속기간 변화 전망," 대한지리학회지, 42(6), 835-850.
- 권영아·권원태·부경은·최영은, 2007b, "A1B 시나리오 자료를 이용한 우리나라 아열대 기후구 전망," 대한지리학회지, 42(3), 82-95.
- 기상연구소, 2002, 기후변화협약 대응 지역기후시나리오 산출기술개발(I), 기상연구소.
- 기상연구소, 2003, 기후변화협약 대응 지역기후 시나리오 산출기술개발(II), 기상연구소.
- 기상연구소, 2004, 기후변화협약 대응 지역기후 시나리오 산출기술개발(III), 기상연구소.
- 기상연구소, 2006, 기후변화협약 대응 지역기후시나리오 활용기술 개발 (II), 기상연구소.
- 박용하·전성우·최재용·정휘철·김정원, 2000, 기후변화에 따른 생태계 영향 평가 및 대응방안 I: 산림 생태계 부문을 중심으로, 국립환경정책평가연구원, 44-50.
- 박종화·황강석·강영실, 2000, "한국 근해 겨울철 온난화와 주요 어종의 어획 변화," 한국수산자원학회지, 3, 77-87.

- 서형호, 2003, "기후변화가 원예작물의 생장과 품질에 미치는 영향(과수를 중심으로)," 한국농림기상학회 춘계 학술발표논문집, 131-137.
- 서형호 · 김점국, 2005, 기후변화가 과수 재배에 미치는 영향, 한국농림기상학회 추계 학술발표논문집, 103-106.
- 심교문 · 윤성호 · 정영상 · 이정택 · 황규홍, 2002, "최근의 기상환경 변화에 따른 가을보리의 수량 구성요소 및 생육 단계 변화," 한국농림기상학회지, 4(1), 38-48.
- 심교문 · 이정택 · 이양수 · 김건엽, 2004, "최근의 기후변화를 고려한 가을 보리 안전재배지대 구분," 한국농림기상학회지, 6(4), 218-234.
- 유진호 · 강인식, 2002, "계절전이와 관련된 기온변동과 계절의 장기 변화 경향," 대기, 12(1), 107-110.
- 윤성호 · 임정남 · 이정택 · 심교문 · 황규홍, 2001, "기후변화와 농업생산의 전망과 대책," 한국농림기상학회지, 3(4), 220-237.
- 윤원태 · 부경은 · 김래선 · 조하만, 1998, "동아시아지역 여름철 주기파의 성향과 북태평양고기압의 변동," 한국기상학회지, 34(3), 365-375.
- 윤원태 · 부경은, 1999, "엘니뇨해와 관련된 중위도 일시파의 특성," 한국기상학회지, 35(1), 146-155.
- 이병설, 1979, "우리나라의 자연계절에 관한 연구," 지리학, 14(2), 1-11.
- 이승범 · 신경섭 · 조영순 · 손승희, 2003, "식물계절에 나타난 한반도 기후변화 영향," 대기, 13(1), 468-471.
- 이승호 · 이경미, 2003, "기온 변화에 따른 벚꽃 개화시기의 변화 경향," 환경영향평가학회지, 12(1), 85-99.
- 장동호 · 권원태, 2007, "위성영상을 이용한 남서해안지역의 기온변화에 따른 식생 분석," 한국지형학회지, 14(1), 67-75.
- 정재은 · 서희철 · 정유란 · 윤진일, 2006, "겨울기온 상승에 따른 낙엽과수의 휴면상태 변화," 한국농림기상학회지, 8(2), 116-124.
- 최광용 · 권원태, 2001, "20세기 우리나라 자연계절 전이와 생활기온지수의 변화," 지리교육논집, 45, 14-25.
- 최광용 · 권원태 · David A. Robinson, 2006, "우리나라 사계절 개시일과 지속기간," 대한지리학회지, 41(4), 435-456.
- 하장성 · 이승호 · 권원태, 2003, "우리나라 작물 분포와 기후와의 관계: 벼, 월동배추를 사례로," 한국기상학회지, 39(5), 531-540.
- Alpert, P., Osetinsky, I., Ziv, B., and Shafir, H., 2004, A new seasons definition based on classified daily synoptic systems: an example for the eastern Mediterranean, *International Journal of Climatology*, 24, 1013-1021.
- Alsop, T. J., 1989, The Natural seasons of Western Oregon and Washington, *Journal of Climate*, 2(8), 888-896.
- Fu, C., Wang, S., Xiong, Z., Gutowski, W. J., Lee, D. K., McGregor, J. L., Sato, Y., Kato, H., Kim, J. W., and Suh, M. S., 2005, Regional Climate Model Intercomparison Project for Asia, *Bulletin American Meteorological Society*, DOI:10.1175/BAMS-86-2-257.
- Giles, B. D. and Flocas, A. A., 1984, Air temperature variations in Greece, Part 1. persistence, trend, and fluctuations, *Journal of Climatology*, 4, 531-539.
- Giorgi, F., 1990, Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model, *Journal of Climate*, 11, 3204-3229.
- Hirakuchi, H. and Giorgi, F., 1995, Multiyear present-day and 2xCO<sub>2</sub> simulations of monsoon-dominated climate over eastern Asia and Japan with a regional climate model nested in a general circulation model, *Journal of Geophysical Research*, 100, 21105-21125.
- Kalnicky, R. A., 1987, Seasons, singularities, and climatic changes over the midlatitudes of the Northern Hemisphere during 1899-1969, *Journal of climate and Applied meteorology*, 26, 1496-1510.
- Lamb, H. H., 1950, Types and spells of weather around the year in the British Isles, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 76, 393-438.
- Moon, S. E. and Um, H. H., 1980, The divisions of the natural seasons of Korea, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 16(1), 45-54.
- New, M., Hulme, M., and Jones, P., 1999, Representing

- twentieth-century space-time climate variability. Part I: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology, *Journal of Climate*, 12, 829-856.
- Pielke, R. A., Garstang, M., Lindsey, C., and Gusdorf, J., 1987, Use of a synoptic classification scheme to define seasons, *Theoretical and Applied Climatology*, 38, 57-68.
- Solecki, W. D., Rosenzweig, C., Parshall, L., Pope, G., Clark, M., Cox, J., and Wiencke, M., 2005, Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey, *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 6(1), 39-49.
- Stearns, S. D., 1984, Digitale verarbeitung analoger Signale. R. Oldenbourg Verlag Muenchen, 437pp.
- Trenberth, K. E., 1983, What are the seasons?, *Bulletion of the American Meteorological Society*, 64, 1276-1282.
- Ye, D., Jiang, Y. and Dong, W., 2003, The northward shift of climatic belts in China during the last 50 years and the corresponding seasonal responses, *Advances in Atmospheric Sciences*, 20, 959-967.
- Youn, Y. H., Oh, I. S., Park, Y. H. and Ahn, J. B., 2004, Long-term Variabilities of Air Temperature in the Korean Peninsula, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 40(3), 361-368.
- 교신: 권영아, 156-720, 서울시 동작구 신대방동 460-18번지, 기상청 국립기상연구소 기후연구팀(이메일: yakwon71@hotmail.com)
- Correspondence: Young-Ah Kwon, Climate Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, Sindaebang-dong, Dongjak-gu, Seoul, 156-720, Korea(e-mail: yakwon71@metri.re.kr)
- 최초투고일 08. 03. 17.  
최종접수일 08. 03. 24.