

우리나라 기후 절기별 기온 변화의 시공간적 특성 분석

진미정* · 박선엽**

Temperature Changes of Climatic Solar Terms and Their Spatiotemporal Characteristics in South Korea

Mi Jeong Jin* · Sunyurp Park**

요약 : 본 연구는 계절변화를 표현하기 위해 실생활에서 흔히 사용되는 기후 절기의 기온 변화 패턴을 파악하고 실제 기상 현상과의 부합도를 분석하고자 하였다. 전국 61개 관측소 자료를 통한 분석 결과, 관측지점 평균 기온이 증가할수록 연중 기온변화 파형의 정점에 해당하는 극서기중심이 7월 21일에서 8월 5일, 즉 절기적으로 입추 쪽으로 이동하였다. 주요 기후 절기인 대서, 상강, 대설, 대한을 중심으로 살펴 본 절기부합도는 전체적으로 낮을 뿐만 아니라 지역적 차이도 뚜렷하게 나타났다. 대부분 관측소에서 각 절기에 해당하는 기상 현상은 현저히 늦게 나타났는데, 각 절기일 기준 1주 이내로 관측된 경우는 전체의 7.7~40.4%에 머물렀다. 대서, 상강, 대설의 절기부합도는 동서 방향으로 차이를 보였고, 절기부합도가 비교적 높게 나타난 대한에는 동서 간의 차이보다는 남북 방향의 위도 조건이 절기부합도 변화 패턴에 영향을 주었다. 절기별 기온변화 경향과 속도가 지역적으로 균일하지 않다는 점을 고려한다면, 개별 절기의 배열과 각 절기 간 시간 간격에 대한 조정을 고려함으로써 24절기의 현실적 유용성을 제고할 수 있을 것으로 본다.

주요어 : 절기, 조화분석, 극서기중심, 절기부합도

Abstract : The temperature change patterns of climatic solar terms and their climatic fitness were analyzed. Harmonic analysis based on thirty-year(1981-2010) time-series data from sixty one weather stations across South Korea showed that the central peaks of the extreme heat had shifted toward start of autumn with increasing mean temperature. The overall climatic fitness of solar terms, such as major heat, frost descent, major snow, and major cold, was low, and it showed significant regional variations. The actual meteorological phenomenon representing each climatic solar term was observed much later than the day of the solar term at most weather stations. The number of observations, where an actual meteorological condition for each climatic solar term was recorded within ± 1 week from the day of that solar term, ranged only from 7.7% to 40.4% of the entire data. Study results also showed that the climatic fitness of major heat, frost descent, and major snow gradually changed in the east-west direction. Major cold, a solar term with higher climatic fitness, was influenced more strongly by latitude than longitude. Considering geographically uneven magnitude and trends in temperature changes, rearrangement and adjustment of time intervals between the solar terms may help us improve their applicability as realistic indicators of seasonal changes.

Key Words : solar term, harmonic analysis, central peak of the extreme heat, climatic fitness

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행되었으며(NRF-2010-0024819), 진미정(2014)의 석사학위논문 일부를 수정·보완한 것임.

* 장유고등학교(경상남도 김해시 월산로 77), jgeo77@daum.net

** 부산대학교 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Pusan National University), spark@pusan.ac.kr

1. 서론

최근의 기후변화는 자연적인 변화 패턴의 일부로 받아들여지기도 하지만, 기후변화의 많은 부분이 인간 활동에 기인한다는 의견이 광범위하게 존재하고 있다. 기온 상승으로 대변되는 기후변화는 대기로 방출되는 온실가스 농도의 상승으로 온실효과가 자연적인 순기능 이상으로 빠르게 강화되는 현상 이외에도 토지이용변화에 주로 기인하는 경관의 형태와 기능의 변화에서도 그 원인을 찾을 수 있다. 특히, 한반도를 포함한 동북아시아는 온난화의 속도가 가장 빠르게 나타나는 지역으로 분석되고 있다. 식물의 개엽 시기가 앞당겨지는 추세는 통계적으로 유의한 수준에서 관찰되고 있고, 겨울과 여름간의 기온차가 빠른 속도로 작아지고 있으며, 한반도 몬순의 패턴도 현저히 달라지고 있는 점 등 기후와 생태계 간의 상호작용이 지역적으로 나타나고 있다고 추정된다(윤진일, 2006; 조현길·안태원, 2008; 장갑수, 2012).

기후변화의 영향으로 자연계절의 시작과 지속기간이 전반적으로 크게 변화했으며, 극한 사상의 변화가 시공간적으로 나타나고 있다는 보고가 있음을 감안할 때(이병설, 1979; 최광용·권원태, 2001; 최광용 외, 2006; Choi, 2004), 통상적인 사계절 구분보다 더 세밀한 수준에서 기온변화상을 살펴보는 것은 우리나라 기온 변화의 시계열적 특성을 밝히는 데에 중요한 역할을 할 수 있을 것이다. 자연계절의 시작과 지속 기간은 지난 30여 년 동안 큰 폭으로 변화했기 때문에 일반적으로 체감하는 계절의 변화는 이와 같은 개념적 기준과 부합하지 않을 가능성이 높다. 부산광역시를 예로 들면, 20세기 초 봄의 시작은 3월 2일 경이었으나, 2000년대(1999-2008)에 와서는 봄의 시작일이 2월 10일로 20일이 앞당겨진 것으로 나타났다(국립기상연구소, 2009). 따라서 절기 구분과 기온 자료 분석에 기초한 계절 변화 특징을 상호 비교해봄으로써 24절기의 현실적 유용성을 평가해 볼 수 있을 것이다.

장기간의 시계열자료를 통해 일정한 주기성을 파악하는 방법으로 조화분석이 광범위하게 사용되고

있다. 조화분석은 연속적이며 반복적인 시계열 신호를 몇 개의 주요 파형곡선으로 단순화하는 데 유용한 기법으로 1950년대 이후 기상 자료와 같은 시계열 자료 분석에 빈번히 사용되고 있으며, 1990년대부터는 시계열 위성자료 분석에도 활발히 활용되고 있다(Conrad and Pollak, 1950; Panofsky and Brier, 1958; Horn and Bryson, 1960; Scott and Shulman, 1979; Astling, 1984; Winkler *et al.*, 1988; Kirkyala and Hameed, 1989; Andretta, 1999; Jakubauskas *et al.*, 2001; Jakubauskas *et al.*, 2002; Moody and Johnson, 2001; Park, 2003; Park, 2009). 1년을 주기로 하는 기온변화 곡선의 중심이 1940년대 이후 대륙도에 따라 상이하게 변화하고 있다는 연구 결과가 있고, 특히 1950년대 중반 이후로 중위도 이상 지역에서의 극서기 중심이 시기적으로 앞당겨지고 있음이 보고되었다(Thomson, 1995; Stine *et al.*, 2009). 우리나라 기온 변화경향 역시 계절별로 증감율의 차이를 보이고 있고, 극한 기온의 발생빈도도 시공간적으로 유의미한 변화를 보이고 있음이 확인되고 있다(Jung *et al.*, 2002; Choi, 2004; Choi *et al.*, 2008). 본 연구에서는 남한 전체를 대상으로 최근 30년 동안 나타난 주요 기후 절기 기온 변화의 시계열 특성과 절기별 실제 기상 현상과의 시공간적 부합도를 분석하고자 한다. 즉, 계절 변화를 나타내는 절기별로 기온변화의 시계열적 특징을 분석하고 지리적으로 상이하게 나타나는 절기의 기후적 부합도를 파악하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 절기 구분 및 선행 연구

1년을 15일 간격으로 24등분한 24절기는 일상생활에서의 계절변화를 가늠하는 데에 흔히 쓰이고 있다(표 1). 절기(節氣)는 계절을 세분한다는 뜻으로, 중국 주나라 때 처음으로 완성되어 사용된 것으로 알려져 있다. 절기를 구분하는 방법에는 평기법(平氣法)과 정기법(定氣法)이 있다. 평기법은 1 태양년의 시간 길이를 등분하여 그 평균값을 이용하여 24기(氣)

를 매기는 방법이다. 이런 방법에 의하면 평기법은 절기 사이가 15.218일로 일정하지만 지구와 태양의 운동에 따른 천문학적 관계를 계절적 변화상으로 반영하지 못하는 단점이 있다. 정기법은 천구상의 황도(태양이 움직이는 궤적)를 15° 간격으로 24등분하고, 태양이 각 등분점을 통과할 때를 24기(氣) 입기(立氣) 시각으로 정한 것인데, 현재 우리나라를 비롯하여 중국, 일본, 베트남 등에서 사용되고 있다. 정기법은 지구의 공전 궤도가 타원을 그리기 때문에 절기 사이가 14~16일로 일정하지 않다. 그러나 계절의 변화는 태양의 위치에 의해 결정되므로 정기법은 계절의 변화를 잘 반영하는 장점이 있다(안중은, 2001).

기온은 계절의 변화를 가장 잘 나타내는 지표인데(이병설, 1979), 계절을 나타내는 절기에는 춘분, 하지, 추분, 동지, 입춘, 입하, 입추, 입동 등 8개 절기가 포함되고, 기후를 나타내는 절기에는 더위와 추위를 직접 나타내는 소서, 대서, 처서, 소한, 대한의 5개 절기, 강수현상을 표현한 우수, 곡우, 소설, 대설의 4개 절기, 기온이 내려가는 과정을 표현한 백로, 한로, 상강의 3개 절기 등 총 12개 절기가 포함된다. 개념적으로는 춘분에서 하지 사이를 봄, 하지에서 추분 사이를 여름, 추분에서 동지 사이를 가을, 동지에서 춘분 사이를 겨울로 구분하고 있다. 24절기 개념은 연중 태양의 위치변화에 따라 계절을 구분하는 것이기 때문

에 기후학적 방법에 의한 자연 계절 구분과는 일치하지 않지만, 우리나라 고유의 산업 및 문화 양식과 밀접하게 연관되어 왔다(국립기상연구소, 2010). 따라서 우리나라 기후 특성과 변화상을 직관적으로 이해하거나, 일상생활에 미치는 기후관련 의사결정 논의 과정에서 절기 기준의 기온 변화 분석이 매우 유용한 수단이 될 수 있다.

국내에서 계절구분에 대한 연구는 서울, 목포, 제주 등 3개 지점의 기온과 강수량 자료를 근거로 이병설(1979)에 의해 처음 시도되었다. 이 외에도 한반도 주변에 평균적으로 나타나는 상층 기압 배치형을 바탕으로 한 중관기후적 계절구분도 수행된 바 있다(Moon and Um, 1980; 강만석, 1981; 이승호, 1995). 2000년대에 와서는 계절 구분에 대한 논의에서 나아가, 최근의 기후변화상을 반영하여, 우리나라 계절의 개시일이나 지속기간도 변동할 수 있다는 전제하에 장기간의 '계절변화'에 대한 연구들이 이루어지기 시작하였다(최광용·권원태, 2001; 유진호·강인식, 2002). 최광용·권원태(2001)는 한반도 중부와 남부 지방의 대도시 6개 지점의 장기간(1920-1999)의 기온자료를 토대로 계절을 구분하고, 20세기 동안 우리나라 사계절 주기에 변화가 있었음을 밝혔다. 이후, 최광용 등(2006)은 우리나라 일기온 자료를 바탕으로 사계절을 정의하여 지난 32년간(1973-2004) 평

표 1. 24절기 일자

계절	절기명	절기시작(양력)		계절	절기명	절기시작(양력)	
봄 (春)	입춘(立春)	2월	4~5일	여름 (夏)	입하(立夏)	5월	5~7일
	우수(雨水)	2월	19~20일		소만(小滿)	5월	21~22일
	경칩(驚蟄)	3월	5~6일		망종(芒種)	6월	6~7일
	춘분(春分)	3월	21~21일		하지(夏至)	6월	21~22일
	청명(淸明)	4월	5~6일		소서(小暑)	7월	7~8일
	곡우(穀雨)	4월	20~21일		대서(大暑)	7월	23~24일
가을 (秋)	입추(立秋)	8월	7~9일	겨울 (冬)	입동(立冬)	11월	7~8일
	처서(處暑)	8월	23~24일		소설(小雪)	11월	22~23일
	백로(白露)	9월	8~9일		대설(大雪)	12월	7~8일
	추분(秋分)	9월	23~24일		동지(冬至)	12월	22~23일
	한로(寒露)	10월	8~9일		소한(小寒)	1월	5~7일
	상강(霜降)	10월	23~24일		대한(大寒)	1월	20~23일

균적인 사계절의 개시일과 지속기간의 공간적인 분포 특징을 분석하여 계절주기 기후지역을 구분하였고, 최근 한반도 계절변화추세와 북반구 대기대순환의 잠재적인 상관성을 밝히고자 하였다. 우리나라 대표적 대도시인 서울과 부산의 기온자료를 대상으로 한 유진호·강인식(2002)의 비교연구에서도 대도시 지역의 계절전이가 있었음이 보고되었다. 허인혜(2005)는 우리나라의 여름과 겨울철의 이상기온 출현 분포 특징을 분석하고 지역별 출현 빈도의 변화와 그에 영향을 미치는 요인과의 관계를 분석하여 이상기온 출현 지역을 구분한 후, 지역별 이상기온의 특성을 파악하였다. 또한 지역별 이상기온의 변화 경향을 분석하고, 이에 영향을 미치는 전 지구적 기온 상승 및 해수면 온도, 대규모 대기 순환과의 관계를 분석하였다. 서명석 등(2009)은 우리나라 계절별 기온일교차가 계절 및 지리적 위치에 따라 약 3~15℃로 비교적 크게 나타나고 있고, 기온과 달리 기온일교차는 계절적으로 봄에 가장 크고(10~15℃) 여름에 가장 작으며(7~10℃), 공간적으로는 내륙산악에서 크고 해안지역에서 작게 나타남을 확인하였다.

이상의 다양한 연구 성과들은 기온 변화 양상을 사계절로 구분한 것을 토대로 한 것인데, 각 계절을 보다 세분화한 절기 수준의 기온변화 연구는 거의 없는 실정이다. 최근, 국립기상연구소(2010)는 지구온난화에 따른 급격한 기후변화에 따라 우리의 생활과 밀접한 관련이 있는 24절기에 어떤 변화가 나타나고 있는지 분석한 결과를 내놓았다. 보고서에 따르면, 장기(1919-2008) 관측 자료를 보유한 7개 지점(강릉, 서울, 인천, 대구, 전주, 부산, 목포)의 기온 자료를 이용하여 각 절기의 기온의 변화 경향을 분석한 결과, 여름철 절기 기온 변화는 상대적으로 미미했으며, 봄, 가을, 겨울에 해당하는 절기들의 기온 변화, 특히 최저기온변화 폭이 크게 나타났다. 절기구분법은 그 역사적 기원을 중국에 두고 있지만 우리나라를 비롯한 동양 국가의 현대 농업활동과 일반인들의 계절변화 인식에 중요한 준거로 사용되고 있다(Qian *et al.*, 2012). 예를 들면, 예년에 비해 특별하게 추운 겨울 또는 더운 여름, 그리고 각 계절의 시작이나 계절 변화 양상이 과거와는 다른 추이를 경험하면서 사람

들은 기후 절기적 특성에 대비하여 기후변화 경향을 인지하고 판단한다. 이러한 기후 절기의 현실적 유용성과 중요성을 감안하여 우리나라 기온의 기후통계적인 변화경향을 기후 절기적 구분을 중심으로 분석하는 일은 최근 기온변화 특징을 보다 쉽게 전달하고, 동시에 기후 절기 사용의 실제적인 유용성을 평가하는 기회가 될 것으로 본다.

3. 연구 방법

1) 연구 지역 및 분석자료

본 연구는 남한 전체를 대상으로 기온 변화상을 24절기로 나누어 시계열적 변화 패턴을 분석하기 위해 기상청에서 제공받은 지난 30년(1981-2010) 동안의 일별 기온자료를 주된 분석 자료로 사용하였다. 기상청에서 운영하고 있는 기상관측소 중 지난 30년 간 결측 기간이 없는 61개 관측소를 대상으로, 각 관측소의 일최고, 일최저, 일평균 기온자료를 수집, 분석하였다(그림 1). 연구기간의 각 절기에 해당하는 기온 자료를 추출하여 각 관측소의 절기별 기온에 대한 통계 분석을 실시하였다. 첫서리일 산출을 위해서는 임계치에 해당하는 일최저기온 0도를 적용하였다.

2) 조화분석

일정한 시간 간격을 두고 반복적으로 관측되는 시계열자료의 전반적인 패턴을 파악하기 위해서는 일련의 일반화 또는 단순화 과정이 필요하다. 기후 자료와 같은 복잡한 시계열 자료를 정형화된 몇 개의 주요 파형으로 환원해 내는 수학적 기법을 조화분석(harmonic analysis)이라 한다(Davis, 2002). 조화분석을 통해 생성된 주요 파형은 입력 자료의 분산을 대표하는데, 각기 서로 다른 파장(wavelength), 진폭(amplitude), 위상(phase) 값들로 정의된다(그림 2a). 즉, 조화분석은 입력된 복잡한 시계열 자료를 고유의 파장, 진폭, 위상을 갖는 일련의 파형 모델로 환원해 낸

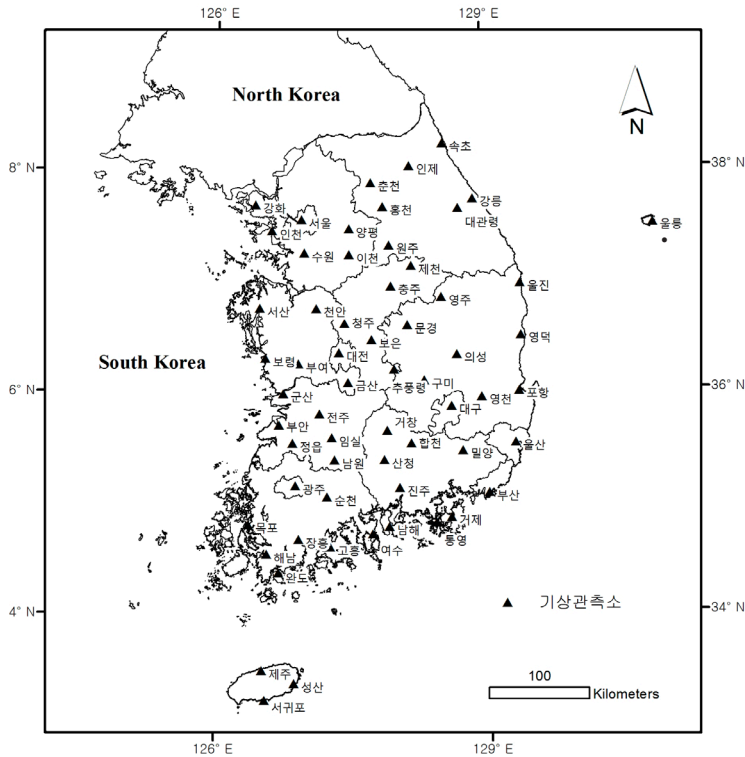


그림 1. 연구 지역

다. 생성된 모든 파형을 합산하면 원래의 입력 자료로 복원되는데, 파장은 주어진 현상이 한 사이클을 마치는 데에 필요한 시간, 진폭은 연간 변화량, 그리고 위상은 최고 관측치가 시기를 나타낸다(보다 자세한 기술은 Jakubauskas *et al.* (2001), Davis(2002), 그리고 Wilks(2011) 참조). 연중 한 차례의 정점(peak)이 나타나는 주기 파형을 first term이라 하고, 정점의 수가 증가함에 따라 second term, third term 등으로 표현한다(그림 2b). 따라서 기상자료의 시계열적 패턴과 연간변화량을 분석함으로써 연구대상이 되는 현상의 계절학적 패턴을 분석해 낼 수 있다. 결과적으로, 조화분석은 한 변수의 시계열 변화를 몇 개의 주요 주기 곡선으로 단순화하여 원 자료 내에 존재하는 지배적인 주기성을 파악할 수 있게 해 준다.

국내에서 행해진 조화분석 사례로는 이병설(1969)의 연구가 있는데, 1931-1960 기간 동안의 전국 측후소 관측기록을 사용하여 연중 기온 변화 특징을 지도화하고 최종적으로 기후 지역구분을 수행하였다. 이

에 따르면, 한반도 지역은 대륙도를 크게 보이는 북부형, 해양성 특징을 보이는 남부형 등 모두 6개의 기후 지역으로 구분되었다. 박병익(2011)은 겨울철 최한기 동안의 계절 추이 현상을 서울을 대상으로 파악하는데에 조화분석을 적용하였다. 연구 결과에 따르면, 1970년 이전(1941-1970) 기간 동안 1월초·중순에 나타났던 최한기가 1971-2000 기간에는 1월 하순-2월 초순에 발생하여 겨울철 계절 추이가 변화하였다. 이 같은 현상은 1971-2000 기간에 비해 1970년 이전의 1월 하순-2월 초순 기간의 기온 상승 폭이 작았기 때문인 것으로 나타났는데, 그 원인으로 시베리아 고기압 발달이 약화되어 우리나라 부근의 북풍도 약화되어 서울의 12월 하순-1월 중순 동안의 온난화가 상대적으로 더 뚜렷하게 나타난 점을 제시하였다(박병익, 2011). 연구 기간 동안 산출된 각 관측소별 위상값들의 증가 또는 감소 경향을 파악하기 위해 선형회귀분석을 실시하였고, 61개 관측소별 평균 위상값에 대한 평균기온의 영향을 알아보기 위해 상관분석을 실시

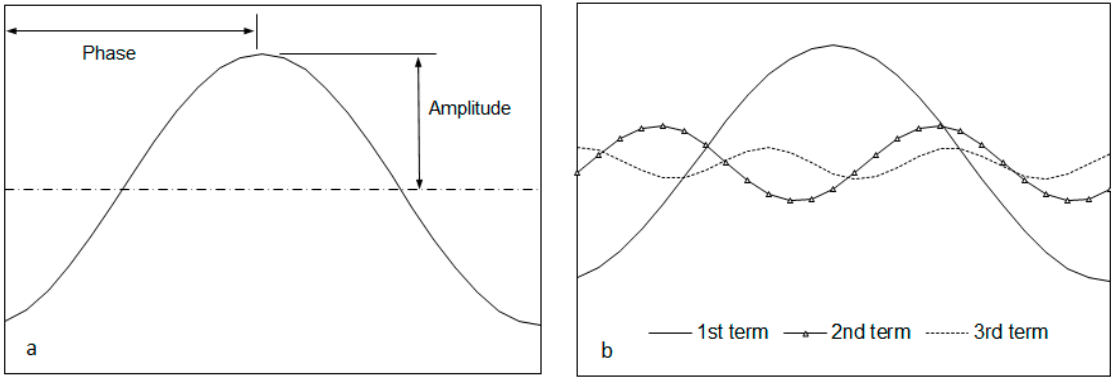


그림 2. 조화분석법(harmonic analysis)의 개요

하여 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 산출하였다.

3) 기온증감을 및 절기부합도 분석

각 관측소별 절기기온의 30년 변화를 파악하기 위해 각 절기에 해당하는 기온자료의 기술적 통계치(descriptive statistics)를 산출하였다. 또, 절기별 기온 변화율을 계산하기 위해 선형회귀분석을 실시하였고, 산출된 회귀식의 기울기를 절기별 10년당 기온증감율로 표현하였다. 분석 결과 도출된 회귀계수의 통계적 유의도는 F검정을 통해 산출하였다. 절기의 유용성을 파악하기 위해서 주요 기후 절기가 나타내는 기상 현상이 실제와 얼마나 부합하는 지를 분석하였다. 더위와 추위, 기온변화, 강수 현상과 관련된 대서, 대한, 상강, 대설 등 모두 4개 절기를 대상으로 하였다. 각 절기에 대한 절기부합도를 산출하기 위해 해당 절기가 의미하는 기상 현상이 실제로 관측된 날과 해당 절기와의 차이를 일수로 계산하였다. 즉, 연중 가장 더운 때를 나타내는 대서의 경우, 극서일(연최고기온이 관측된 날)에서 대서일(7월 23~24일)을 차감하여 대서 절기부합도를 계산하였다. 나머지 대한, 상강, 대설에 대해서는 최한일(연최저기온이 관측된 날), 첫서리일, 최대강설일과 해당 절기와의 차이를 각 절기의 부합도로 산출하였다. 산출된 절기부합도의 지리적 차별성을 알아보기로 선정된 4개 절기

의 부합도를 지도화하였다. 지도제작을 위해서는 지리정보분석 소프트웨어인 ArcGIS(version 10, ESRI)를 사용하였고, 관측소별 절기부합도의 효과적 표현을 위해 도형표현도를 제작하였다. 음수와 양수로 표현되는 절기부합도는 일, 또는 주로 구분하여 표현했으며, 각각에 대하여 원형 심볼을 적용하였다. 도형표현도에 사용되는 심볼로는 원이 가장 보편적인데, 자료의 척도화와 표현이 용이하고 시각적 안정감을 주는 장점을 가지고 있다(이희연, 1995). 이 연구에서는 범위-등급 척도법을 사용하여 각 등급에 속한 수치들을 표준화된 하나의 원으로 나타내었고, 서로 다른 원의 크기를 효과적으로 변별하는데 초점을 두었다.

4. 연구결과 및 논의

1) 절기 기온의 시계열 변화

절기별로 기온 분포를 살펴보면, 평균기온이 가장 높은 절기는 입추(8월 7~9일, 25.8°C)로 나타났다. 입추의 평균 기온은 기후 절기 상 가장 큰 더위가 나타나는 대서(7월 7~8일, 25.2°C)보다 높았고, 지역적으로는 서귀포(27.5°C)가 가장 높게 나타났다. 그러나 분석 대상 30년 동안의 절기별 최고기온을 평균한 값

은 대서(29.9℃)에서 가장 높게 나타났다. 겨울철 절기 평균기온의 경우, 대한(1월 20~23일, -0.74℃)보다 소한(1월 5~7일, -0.94℃)에서 최저기온이 나타났다, 절기 평균최저기온 역시 평균기온과 같이 소한에서 가장 낮았다(-9.2℃). 61개 측후소 절기 기온의 지역 차는 소한(14.3℃) > 대한(14.2℃) > 입춘(2월 4~5일, 13.5℃) 순으로 나타나 최한기에 가장 높았고, 입하(5월 5~7일)에서 대서에 이르는 여름철 절기(6.8~7.3℃)에서 가장 낮았다. 이러한 절기기온의 지리적 분포 경향으로 인하여 절기별 평균기온은 절기별 평균 표준편차와 강한 음의 상관관계를 나타내었다($r = -0.662$, $p < 0.01$). 즉, 절기 평균 기온이 높아질수록 전국적인 지역 차는 뚜렷하게 감소하였다. 대관령은 24절기 모두에서 가장 낮은 평균기온을 나타냈고, 입하에서 하지에 이르는 여름철 절기 기온이 높은 지역으로는 대구와 전주, 나머지 절기에서는 제주와 서귀포 등 제주 지역에서 최고 기온을 보이는 것으로 분석되었다. 연구기간 동안의 절기 평균기온 변화 추이를 10년당 변화율로 표시한 것이 그림 3이다. 분석 결과, 19개 절기가 기온증가율을 보인 반면, 나머지 5개 절기에서는 기온변화가 거의 없거나(춘분(3월 20~21일), 추분(9월 23~24일)) 감소 경향(망종(6월 6~7일), 소설(11월 22~23일), 대설(12월 7~8일))을 나타내었다(그림 3). 절기에 따른 기온증감율은 계절

별로 차이를 나타내었는데, 기온증가율이 높게 나타난 시기는 상강(10월 23~24일), 입동(11월 7~8일), 소한, 대한, 입춘 등 늦가을에서 겨울에 이르는 절기로 나타났다. 반면에, 소서, 대서, 입추에 이르는 극서기 절기에서는 기온변화율이 상대적으로 낮게 나타났다, 계절의 중간에 놓인 춘분과 추분에서 기온증감 경향은 거의 나타나지 않았다.

대한은 가장 높은 기온증가율(1.60℃/10년, $p < 0.1$)을 보인 절기로서 평균 기온은 -0.74℃로 나타나 소한에 이어 두 번째로 추운 절기로 분석되었다. 대한의 기온증가 경향은 61개 모든 관측소에서 나타났으며, 수원, 양평, 인제, 원주, 충주, 청주, 보은, 의성, 임실에서 기온의 상승률 폭이 높게 나타났다. 이들 지역은 내륙이라는 지리적 특성을 반영하는 것으로 사료된다. 기온 증가율 1.41℃/10년($p < 0.05$)을 나타낸 상강은 24절기 중 두 번째로 기온 증가 폭이 높은 절기로 나타났다. 전국 절기 평균기온은 12.56℃로 관측되었고, 기온증가율이 높은 곳은 수원, 인천, 보령, 서울, 원주, 양평, 포항, 영주, 구미 등으로 지리적인 패턴은 보이지 않았다. 입동의 경우, 남원을 제외한 60개 지역에서 기온이 상승하였으나, 통계적으로 유의한 변화를 보인 곳은 10개 관측소에 불과하였다. 강화, 인천, 서울, 수원, 원주, 속초, 강릉, 울진, 울릉, 서산, 보령, 부안, 전주, 부산 관측소에서 기온의 상승폭

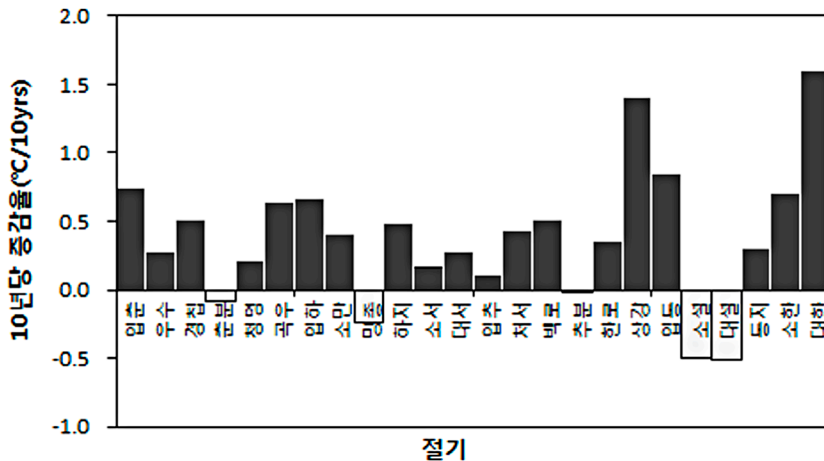


그림 3. 절기별 기온변화율(1981-2010)

이 상대적으로 높게 나타났고, 평균증가율은 0.85℃/10년으로 나타났다.

다른 절기와는 달리 기온감소 경향이 나타난 절기는 소설과 대설이다. 특히, 대설은 전국 모든 관측소에서 기온감소 경향을 보였다. 지난 30년간 대설 평균기온은 3.07℃였고, 기온감소율은 -0.51℃/10년으로 관측되었다. 완도, 속초, 남해, 부산, 울릉, 목포, 강릉, 포항 등 기온 감소폭이 큰 지역은 대부분 동남부 해안 도시로 나타났다. 소설의 전국 30년 평균기온은 6.13℃였으며, 기온감소율은 -0.51℃/10년으로 대설과 유사하게 나타났다. 기온감소율이 높게 나타난 곳은 해남, 완도, 성산, 고흥, 목포, 제주 등 대부분 우리나라 서남해안에 해당되는 지리적 특성이 있다. 절기별로 전반적인 기온 상승 경향이 두드러지는 가운데, 11월 중순에서 12월 초순에 해당하는 소설과 대설의 전국적 기온 하강 현상은 이례적인 현상으로 사료된다. 하지만, 이 두 절기 기온의 변화는 시기별로 상이한 경향을 보였다. 1981년부터 약 10년간은 기온 상승의 경향을 보인 반면, 최근 20년 동안은 기온 하강 경향을 보였다. 이러한 상이한 변동 경향으로 인해 전체 연구 기간 내 기온감소율의 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 소설은 절기적으로 입동 후에 기온이 빠른 속도로 떨어지고 첫추위가 시작되며 지역적으로 김장이 시작되는 시기에 해당하는데, 기온 하강 경향을 보인 최근 20년 자료에 따르면, 직전 절기인 입동에 비해 기온 하강 폭이 점차 커지는 현상이 유의하게 나타났다.

춘분과 추분은 24절기 중 기온변화 경향이 가장 약한 절기로 나타났다. 계절의 중간에 해당하는 이 두 절기에는 평균적으로 기온변화율이 낮게 나타났고, 기온 상승 또는 하강 경향이 전국적으로 일관되게 나타나지 않았고, 통계적으로 유의한 증감율을 보인 곳도 4개 관측소에 불과하였다. 춘분은 21개 지역에서 기온이 상승하는 경향이었고 38개 지역에서 기온이 하강하여 전체적인 춘분의 평균 기온변화는 미미하였다. 추분 역시 기온이 상승하거나(27개 관측소) 하강하는(32개 관측소) 경향을 동시에 보였고, 절기 평균 기온변화는 거의 나타나지 않았다.

2) 조화분석 결과

우리나라를 비롯한 북반구 중위도 지역의 경우, 고온의 하계와 한랭한 동계로 대표되는 전형적인 기후적 특징으로 인하여, 여름 극서기가 한 차례 나타나는 1차 파형(first term)이 연중 기온 변량의 대부분을 설명한다. 일최고기온에 비해 일최저기온의 상승 속도가 빨라져 일교차가 작아지는 전지구적 경향이 본 연구에서도 뚜렷이 나타났다(Easterling *et al.*, 1997; Jung *et al.*, 2002; Choi, 2004, 그림 4). 이러한 경향은 계절적으로 차등하게 나타났다. 연구기간 동안의 절기별 기온 편차자료를 분석한 결과, 전국 평균 절기 기온이 낮을수록 절기 기온의 표준편차는 높아지는 관계가 통계적으로 유의하게 나타났다($r=-0.813$, $p<0.01$). 즉, 지난 30년 평균기온이 낮은 절기일수록 기온변화 폭이 크게 나타나, 결과적으로 여름과 겨울 간 기온 차가 줄어들고 있음을 보여주었다. 따라서 평균기온 증가에 미치는 영향에 있어, 여름철 기온변화보다는 겨울철 기온의 빠른 증가가 주요 요인으로 작용하였다.

우연 또는 불규칙하게 관측되는 연중 최고기온(또는 극서치)에 비해 위상값(julian day로 표시)은 연간 기온변화의 전반적인 경향 속에서 계절적으로 극서기 중심에 해당하는 날을 상호 비교할 수 있게 한다. 전국 61개 관측소 자료를 통해 계산된 위상값으로 본 극서기 중심은 지난 30년 동안 평균적으로 10.8일 변동하였고, 전국에 걸쳐 14.3일의 지리적 차이를 보였다. 극서기 중심은 전국 대부분 지역에서 지난 30년 동안 지속적으로 그 발생시기가 늦어지고 있음이 확인되었다. 평균적으로 지난 30년 동안 극서기 중심은 1.4일 가량 늦어졌고, 지역에 따라 최대 4.4일(보령, 의성) 늦어진 것으로 분석되었다($p<0.01$). 전국적으로 극서기 중심은 관측소 평균기온과 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다($r=0.723$, $p<0.01$; 대관령 제외). 그림 5는 예외적 한랭지역인 대관령을 제외한 60개 관측소 연평균기온과 극서기 중심 간의 관계를 나타낸 것이다. 이에 따르면, 관측지별로 연평균 기온 1℃ 증가마다 2.1일 정도의 비율로 극서기 중심이 늦어지는 결과를 보였다. 전체적으로, 전국 자

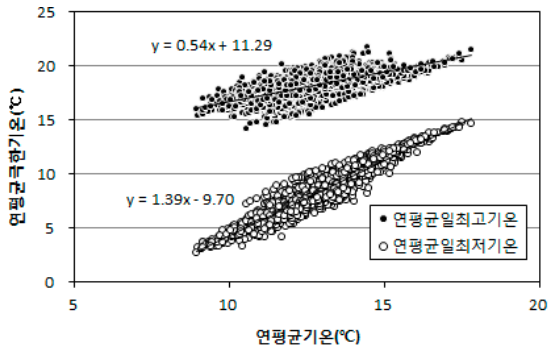


그림 4. 연평균기온과 연평균일최고 및 일최저기온 간 관계

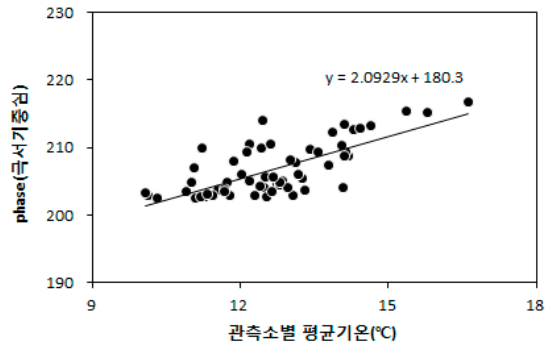


그림 5. 연평균기온 대비 극서기중심의 변화

료로부터 분석된 지난 30년간의 극서기중심은 202~217일 범위(평균 207일, 또는 7월 26일)로 나타났는데, 이는 지역별로 극서기중심이 7월 21일에서 8월 5일에 걸쳐 있음을 보여준다. 즉, 절기적으로 극서기중심이 소서(7월 7~8일)와 입추(8월 7~9일) 사이에 놓여 있다. 평균적으로, 여름 지속기간이 길고 평균기온이 높은 남부 해안 지역으로 갈수록 극서기중심이 상대적으로 늦어지는 결과를 보였는데, 이는 겨울의 시작이 늦어지고 봄철의 시작이 빨라짐으로 인해 겨울 길이가 현저하게 짧아진 반면 여름 길이는 상대적으로 늘어난 결과로 사료된다(최광용·권원태, 2001; 최광용 외, 2006). 절기 기온의 시계열 변화 분석에서 살펴 본 바와 같이 소서에서 입추에 이르는 극서기 절기의 기온 상승 경향은 뚜렷하게 나타나지 않고 있기 때문에, 극서기중심의 이동 경향은 여름 절기 기온 상승보다는 전반적인 온난화로 여름이 길어짐으로 인해 나타나는 현상으로 판단된다.

3) 절기의 기후적 부합도 분석

본 연구에서 선정한 4개 절기를 중심으로 산출된 절기부합도는 주 단위로 구분하여 정리하였다. 음수와 양수는 해당 절기보다 관련 기상현상이 각각 일찍 또는 늦게 관측되었음을 표현한다(그림 6). 모든 관측소에서 연구기간동안 계산된 절기부합도를 집계한 결과, 각 절기로부터 1주 이내로 해당 기상 현상이 발생한 비율은 7.7~40.4% 범위로 나타났다. 대한을 제

외한 대서, 상강, 대설 절기의 경우에는 모두 30% 미만의 비율로 나타나, 각 절기에 대응하는 기상 특징이 해당 절기 주위로 발생하지 않았음을 보여주었다. 특히, 대서, 상강, 대설 절기 특성에 해당하는 실제 기상 현상이 각 절기보다 일찍 발생한 비율이 13.1%(대서), 3.9%(상강) 2.1%(대설)에 그치고 있어 대부분 관측소에서 각 절기보다 해당 기상 현상은 현저히 늦게 나타나는 것으로 분석되었다. 대설의 경우, 90.3%에 이르는 대다수 경우에서 최대강설일이 대설보다 2주 이상 늦은 시점에 발생하였고, 그 중 60.4%는 대설보다 무려 5주 이상 늦게 관측된 것으로 집계되었다. 비교 대상에 포함된 절기 중 대한은 비교적 실제 최한일과 부합도가 높게 나타났다. 전체 관측 자료의 40.4%가 대한 주위 1주 이내에서 최저기온이 나타났고, 대한 주위 2주 이내로 계산하면 절기부합에 해당하는 빈도가 전체의 68.1%에 이르는 것으로 조사되었다. 즉, 최한일이 대한보다 2주 이상 이르거나 늦었던 경우는 전체 조사 기간 중 31.9%에 그쳤다.

지금까지 논의된 절기부합도의 지리적 차별성 여부를 파악하기 위하여 각 관측소에서 산출된 결과를 지도화하였다(그림 7). 대서와 상강 절기에서는 극서 및 첫서리 발생일이 해당 절기보다 1주 이상 늦게 나타난 경우가 전체의 60% 이상을 차지하였고, 지리적으로 볼 때, 해안 지역으로 갈수록 절기와의 차이가 증가하는 패턴을 보였다(그림 7, a와 b). 대서의 경우에는 절기부합도가 서해안으로 갈수록 낮아지는 경향을 보였고(서산, 목포, 완도 등 14~16일 범위), 상

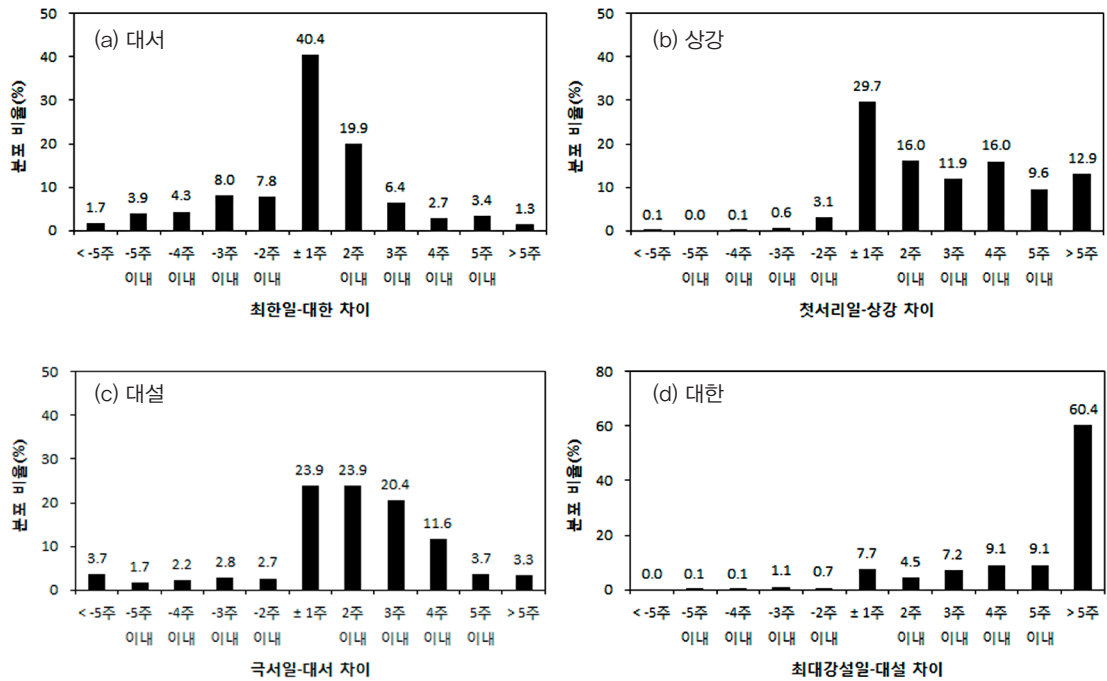


그림 6. 대서, 상강, 대설, 대한 절기부합도

강에는 전국적으로 해안 지역에서 절기부합도가 낮았다(해안지역 22~38일 범위; 내륙지역 5~10일 범위). 대설의 절기부합도는 매우 낮아서, 대부분 관측지에서 최대강설일은 대설보다 5주 이상 늦게 발생한 반면, 대설보다 1주 이상 이르러 최대강설일이 관측된 경우는 전체의 2.1%에 불과하였다. 대설보다 최대강설일이 늦어지는 경향이 서에서 동으로 가면서 커지는 것으로 보아(서해안지역 20~30일 범위; 동해안지역 47~58일 범위) 우리나라 강설현상에는 계절풍의 확장·약화 및 지형효과가 반영된 것으로 사료된다(그림 7-c). 우리나라 대설 현상은 계절풍과 관련된 비율이 총강설일의 2/3에 이르며, 한겨울 시베리아고기압의 확장방향에 따라 북서풍, 서풍 또는 북동풍에 의한 강설의 비중이 높다. 서해안으로 갈수록 북서풍 및 서풍 계열의 계절풍의 영향이 크고, 동해안으로 갈수록 겨울철 계절풍이 약화되는 늦겨울 이후에 북동풍의 영향으로 강설량이 증가함을 고려하면 최대강설일의 지역차는 동서분포형 강설요인, 즉 북서계절풍의 확장과 약화에 크게 의존한다고 볼 수 있다(최진

식, 1990).

절기부합도가 비교적 높게 나타난 대한은 동서 방향의 차이보다는 남북 방향의 위도 조건이 절기부합도 변화 패턴에 영향을 주었다(남해안지역 3~7일 범위; 중부지역 2일 이하). 최광용 등(2006)의 보고에 따르면, 우리나라 사계절의 개시일과 지속시간 변화는 위도와 고도의 영향을 받아 지리적으로 남북 차가 큰 것으로 나타났다. 따라서 연중 최한일도 이와 유사한 패턴으로 관측된 것으로 판단된다. 제주도를 포함한 남부 지방에서는 최한일이 대한보다 늦게 관측되었고, 북쪽으로 가면서 최한일의 발생이 빨라지는 경향을 보였다(그림 7-d). 1941~1970 기간 동안의 30년 관측치에 따르면, 서울, 대구, 제주를 비롯한 주요 관측지점에서 연중 최한일의 발생 시기는 1월 중순이었지만(이병설, 1979), 최근 30년을 대상으로 한 본 연구에서 최한일은 1월 중순에서 1월 하순에 걸쳐 나타났고, 최한일 발생 시점도 대한에 앞서 나타나거나 늦어지는 지역적 차이를 보였다. 대한 경의 기온은 평균적으로 24절기 중 가장 빠른 속도로 상승하고 있고,

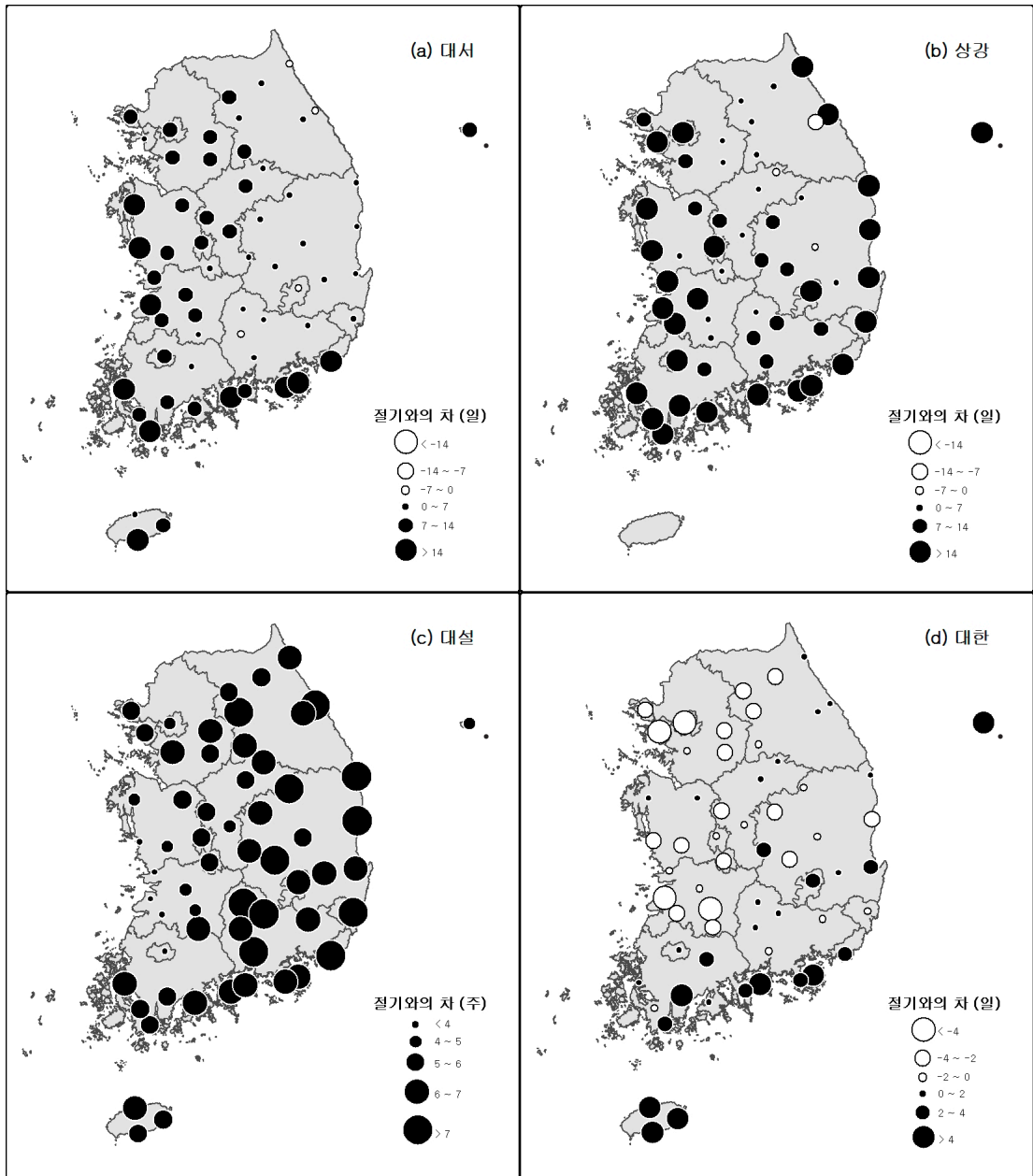


그림 7. 4개 주요 기후 절기의 부합도

기온증가율의 지역적인 차이도 매우 크다. 따라서 대한을 전후로 한 기온증감율의 지역적 차별성으로 인해 연중 최한일의 발생 시기가 남북 방향으로 배열되는 경향을 보이는 것으로 판단된다. 이는 전반적인 온

난화 추세로 인해 겨울의 길이가 짧아지고 있지만 겨울철 기온의 상승 속도가 균등하지 못한 결과로 절기의 기후적 유용성이 지리적으로 상이하다는 점을 보여준다.

5. 결론

본 연구에서는 남한 전체를 대상으로 지난 30년(1981-2010) 동안의 기온 변화상을 24절기로 나누어 시계열 분석을 수행함으로써 기온 변화 특징을 살펴 보았다. 분석 결과, 전반적인 절기 기온 상승으로 여름의 시작은 빨라지고 겨울의 시작은 늦어지고 있다는 다수의 선행 연구 결과를 뒷받침하였다. 전체적으로 남한 지역의 연교차는 연평균기온이 증가할수록 작아지는 경향을 보였다. 이는, 지난 30년 동안 전반적으로 연평균기온이 증가하면서, 최고기온에 비해 최저기온의 증가율이 높게 나타난 결과이다. 이러한 변화는 조화분석을 통해 확인된 연간 기온변화의 진폭과 연평균기온 간의 상관관계에서도 재확인되었다. 즉, 개념적으로 연교차 특징을 반영하며 연중 기온변화의 변량을 대부분 설명하는 1차 파형 곡선의 진폭이 연평균 기온 증가에 따라 선형으로 감소하는 결과를 보여주었다.

조화분석의 위상값은 연간 기온변화의 전반적인 경향을 대표하는 1차 파형의 정점(peak)이 나타나는 시점, 즉 극서기중심에 해당하는데, 이는 지역별 평균기온 분포와 유의한 상관관계를 나타냈다. 지난 30년간의 남한 전체 61개 관측소 자료를 통한 조화분석 결과, 지역별로 극서기중심이 7월 하순에서 8월 초순에 걸쳐 분포하는 것으로 조사되었다. 즉, 절기적으로 극서기중심이 소서(7월 7~8일)와 입추(8월 7~9일) 사이에 놓여 있으며, 지역별 연평균기온 증가에 따라 점차 대서(7월 23~24일)에서 멀어지고 입추에 가까워지는 경향을 나타낸 것이다. 절기 기온의 상승으로 첫서리가 내리는 시점도 상강 절기에서 점차 멀어질 뿐만 아니라 최한일의 발생도 이와 함께 늦어지는 결과를 보였다. 과거, 1월 중순경에 공통적으로 나타났던 연중 최한일은 위도가 낮은 남부 지역으로 갈수록 1월 하순 경으로 이동하는 추세가 나타났다. 이러한 결과는, 겨울철 기온의 전반적 상승이라는 공통점 속에서도 기온의 상승 속도가 절기별로 균등하지 않게 나타나 절기의 기후적 유용성이 지리적으로 차이가 난다는 점을 보여준다. 많은 강설량을 상징하는

대설 절기 주위에서 최고강설량이 관측되는 경우는 지난 30년간 10%를 밀돌았고, 대설 절기보다 5주 이상 늦은 1월 중순 이후에 발생한 빈도가 전체의 60% 이상을 차지하였다. 결과적으로, 계절 변화 추이를 표현하는 주요 절기는 해당 기상 현상과의 부합도가 떨어져 실생활에서의 일반적인 적용에는 무리가 따른다고 판단된다. 본 연구에서 대상으로 삼은 주요 기후 절기를 기준으로 볼 때, 대서, 상강, 대설 절기의 부합도는 동서 방향으로 차이를 보였고, 절기부합도가 비교적 높게 나타난 대한은 동서 간의 차이보다는 남북 방향의 위도 조건이 절기부합도 변화 패턴에 영향을 주었다. 따라서 계절변화를 파악하는 주요 기준으로 절기 구분을 적용하고자 한다면 지역적으로 현실적 유용성이 크게 달라질 수 있다고 사료된다.

중국 화북지방을 기준으로 마련된 24절기의 의미는 기후적 부합도와 무관하게 현실생활에 흔히 사용되고 있고, 대중매체를 통해 전해지는 일상적인 기상 예보에도 긴밀하게 연관되어 활용되고 있다. 전국에 분포한 관측소 자료를 대상으로 살펴본 대로 전반적인 기온변화로 인하여 개별 절기가 의미하는 기상 현상은 실제로 해당 절기와는 적지 않은 괴리를 보이고 있으며, 상대적으로 절기부합도가 높은 경우에도 지역적으로 그 부합 정도가 편차를 나타내는 것이 확인되었다. 절기별 기온상승 또는 기온하강의 경향과 속도가 동일한 계절 내에서도 지역적으로 균일하지 않다는 점을 고려한다면, 태양력을 기준으로 한 24개 개별 절기의 배열과 각 절기 간 시간 간격에 대한 조정을 고려해 보는 것도 24절기의 실질적인 사용을 위해 의미가 있을 것으로 본다. 또, 위도, 고도, 해양성에 크게 영향을 받는 한반도 기온 분포 특성 상 북한 지역을 포함하는 한반도 전체를 대상으로 한 절기 기온 변화 분석을 통해 보다 포괄적이고 설득력 있는 24절기의 현실적 수용 방안을 논의해 볼 필요가 있다.

사사

한국연구재단의 기초연구과제(NRF-2010-0024819)에 장기간 참여하여 본 연구에 사용된 기상

자료의 처리와 분석 결과 정리에 도움을 준 부산대학교 지리교육과 학부과정의 전창우와 대한지적공사의 이재성에게 감사드린다.

참고문헌

- 강만석, 1981, 한국의 자연 계절구분에 관한 종관 기후학적 연구, 경희대학교, 박사학위논문.
- 국립기상연구소, 2009, 기후변화 이해하기 II, 기상청.
- 국립기상연구소, 2010, 기후변화 이해하기 V, 기상청.
- 박병익, 2011, “서울의 겨울철 일평균 기온에 나타난 계절 추이의 변화,” 대한지리학회지, 46, 152-167.
- 서명석·홍성근·강진호, 2009, “우리나라에서 계절별 일교차의 분포특성과 그 원인,” 대기, 19, 155-168
- 안중은, 2001, 24節氣에 關한 研究, 대전대학교, 석사학위논문.
- 유진호·강인식, 2002, “계절전이와 관련된 기온변동과 계절의 장기변화 경향,” 대기, 12, 107-110.
- 윤진일, 2006, “기후변화에 따른 벚꽃 개화일의 시공간 변이,” 한국농림기상학회지, 8, 68-76.
- 이병설, 1969, “조화분석에 의한 한국의 기온분포 연구,” 지리학, 4, 17-25.
- 이병설, 1979, “우리나라의 자연계절에 관한 연구,” 지리학, 20, 1-11.
- 이승호, 1995, “한반도 주변의 기압배치형에 의한 자연 계절의 구분,” 지리학연구, 26, 65-78.
- 이희연, 1995, 지도화—주제도 제작의 원리와 기법, 법문사.
- 장갑수, 2012, “도시녹지 내 주요 식물상의 개엽시기 및 잎의 성장 특성 비교,” 한국환경복원기술학회지, 15, 127-136.
- 조현길·안태원, 2008, “미기후 변화에 따른 식물계절 차이,” 한국환경생태학회지, 22, 221-229.
- 최광용·권원태, 2001, “20세기 우리나라 자연계절 전이와 생활기온지수의 변화,” 지리교육논집, 45, 14-25.
- 최광용·권원태, Robinson, D., 2006, “우리나라 사계절의 개시일과 지속기간,” 대한지리학회지, 41, 435-456.
- 최진식, 1990, “남한의 강설지역 구분과 강설의 지역적 특성,” 지리학, 41, 35-48.
- 허인혜, 2005, 한국의 이상기온 변화와 그 요인에 관한 연구, 건국대학교, 박사학위논문.
- Andretta, T. A., 1999, Harmonic analysis of precipitation data in Eastern Idaho, *National Weather Digest*, 23, 31-40.
- Astling, E. G., 1984, On the relationship between diurnal mesoscale circulations and precipitation in a mountain valley, *Journal of Applied Meteorology*, 23, 1635-1644.
- Choi, G., Kwon, W., Boo, K., and Cha, Y., 2008, Recent spatial and temporal changes in means and extreme events of temperature and precipitation across the Republic of Korea, *Journal of Korean Geographical Society*, 43, 681-700.
- Choi, Y., 2004, Trends on temperature and precipitation extreme events in Korea, *Journal of Korean Geographical Society*, 39, 711-721.
- Conrad, V. and Pollak, L. W., 1950, *Methods in Climatology*, Harvard University Press, Cambridge.
- Davis, J. C., 2002, *Statistics and Data Analysis in Geology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvaev, V., Plummer, N., Jamason, P., and Folland, C. K., 1997, Maximum and minimum temperature trends for the globe, *Science*, 277, 364-367.
- Horn, L. H. and Bryson, R. A., 1960, Harmonic analysis of the annual march of precipitation over the United States, *Annals of the Association of American Geographers*, 50, 157-171.
- Jakubauskas, M. E., Legates, D. R., and Kastens, J. H., 2001, Harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67, 461-470.
- Jakubauskas, M. E., Peterson, D. L., Kastens, J. H., and Legates, D. R., 2002, Time series remote sensing of landscape-vegetation interactions in the Great Plains, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, 1021-1030.
- Jung, H., Choi, Y., Oh, J., and Lim, G., 2002, Recent trends in temperature and precipitation over South Korea, *International Journal of Climatology*, 22, 1327-1337.

- Kirkyla, K. L. and Hameed, S., 1989, Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the United States: a comparison between observations and a general circulation model, *Journal of Climatology*, 2, 1463-1475.
- Moody, A. and Johnson, D. M., 2001, Land-surface phenologies from AVHRR using the discrete Fourier transform, *Remote Sensing of Environment*, 75, 305-323.
- Moon, S. E. and Um, H. H., 1980, The division of the natural seasons of Korea, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 16, 45-54.
- Panofsky, H. A. and Brier, G. W., 1958, *Some Applications of Statistics to Meteorology*, The Pennsylvania State University, State College, 128-134.
- Park, S., 2003, Harmonic analysis of NDVI response patterns to temporal changes in soil moisture content, *The Geographical Journal of Korea*, 37, 67-79.
- Park, S., 2009, Synchronicity between satellite-measured leaf phenology and rainfall regimes in tropical forests, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75, 1231-1237.
- Qian, C., Yan, Z., and Fu, C., 2012, Climatic changes in the twenty-four solar terms during 1960-2008, *Chinese Science Bulletin*, 57, 276-286.
- Scott, C. M. and Shulman, M. D., 1979, An areal and temporal analysis of precipitation in the northeastern United States, *Journal of Applied Meteorology*, 18, 627-633.
- Stine, A. R., Huybers, P., and Fung, I. Y., 2009, Changes in the phase of the annual cycle of surface temperature, *Nature*, 457, 435-441.
- Thomson, D. J., 1995, The seasons, global temperature, and precession, *Science*, 268, 59-68.
- Wilks, D. S., 2011, *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Elsevier, Oxford.
- Winkler, J. A., Skeeter, B. R., and Yamamoto, P. D., 1988, Seasonal variations in the diurnal characteristics of heavy hourly precipitation across the United States, *Monthly Weather Review*, 116, 1641-1658.
- 교신: 박선엽, 609-735, 부산광역시 금정구 부산대학교 63번길 2, 부산대학교 사범대학 지리교육과(이메일: spark@pusan.ac.kr, 전화: 051-510-2655, 팩스: 051-510-2655)
- Correspondence: Sunyurp Park, Department of Geography Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea (e-mail: spark@pusan.ac.kr, phone: +82-51-510-2655, fax: +82-51-510-2655)

최초투고일 2014. 12. 29

수정일 2015. 1. 27

최종접수일 2015. 1. 28