

기후 변화에 따른 한반도 산불 발생의 시공간적 변화 경향

성미경¹ · 임규호^{1,*} · 최은호¹ · 이윤영¹ · 원명수² · 구교상²

¹서울대학교 지구환경과학부

²국립산림과학원 산림방재연구과

(2009년 10월 13일 접수; 2010년 1월 21일 승인)

Climate Change over Korea and Its Relation to the Forest Fire Occurrence

Mi-Kyung Sung¹, Gyu-Ho Lim^{1,*}, Eun-Ho Choi¹, Yun-Young Lee¹, Myoung-Soo Won² and Kyo-Sang Koo²

¹School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University

²Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute

(Manuscript received 13 October 2009; in final form 21 January 2010)

Abstract

This study analyzes the climate change in Korea and its impact on the occurrence of forest fire events. The forest fire occurrences in Korea tend to concentrate around large cities. In addition, the spatial distribution of the forest fire occurrence seems to agree with local climate conditions. Though the occurrence of the forest fire shows strong interannual variation, it also exhibits a positive trend. Because the forest fire frequently occurs during early spring, we examined long term climate variability in Korea for the early spring seasons. The climate change in Korea generally has brought warmer, drier, and less precipitable conditions during the early spring. The changes of the atmospheric conditions provide favorable condition for the forest fire. The climate changes in Korea also depict distinct spatial variability according to the atmospheric variables. We compared the regional trend of the fire occurrence with the climate trends. The results show the sharpest growing in the forest fire occurrence over southwest of Korea. This study suggests that the decrease in the precipitation day might affect the sharp increment of the forest fire occurrence in the southwest of Korea.

Key words: forest fire, global warming, climate change

1. 서 론

최근 전 지구적인 기후 변화 추세와 관련하여, 한반도 내에서 나타나고 있는 기후 변화 경향에 대하여 활발한 연구가 진행되고 있다 (강다연 등, 2003; 권원태, 2005; 최광용 등, 2006). 이들 연구에서 공통적으로 밝히고 있는 점은 기온 및 강수 변화로 대표되는 기후 변화 신호가 전지구적인 경향성과 맞물려 한반도에서도 뚜렷이 나타나고 있다는 것이다. 기후 변화가 인류의

삶에 미치는 방대한 영향은 이미 여러 분야에서 나타나고 있다. 기후 변화는 흔히 기상 이변으로 표현되는 폭우, 한파, 가뭄을 동반하여 인간 활동에 직접적으로 영향을 미치기도 하지만, 생태계 변화 등을 통해 이차적인 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 기후 변화와 관련된 현상 가운데 산불 발생의 증감에 대한 논의를 진행하고자 한다. 외국의 여러 선행 연구들은 기후변화와 산불 발생의 관련성에 대해 밝히고 있다. 이들에 따르면, 기후 변화와 산불 발생의 관련성은 상호 영향적인 측면을 나타낸다. 다시 말해서, 기후 변화로 인한 기온 증가 및 강수 패턴 변화로 산불의 발생을 증가 및 강도 강화 등이 나타나기도 하지만, (Pinol *et al.*, 1998; Flannigan *et al.*, 2000; McCoy and Burn, 2005), 역으로 산불 발생으로 인해 방출되는 온실 가스와 에어로솔의 증가, 지표반

*Corresponding Author: Gyu-Ho Lim, School of Earth Environmental Sciences, Seoul National University, Daehak-dong, Gwanak-gu, Seoul, 151-747.
Phone: +82-2-880-8176, fax: +82-2-887-4890
E-mail: gyuholim@snu.ac.kr

사도 변화가 다시 기후변화에 영향을 미치게 되는 것이다 (Clark *et al.* 1996; Randerson *et al.* 2006). 전자의 관점을 따르는 연구들에서는 지구 온난화와 동반되어 나타나는 겨울 강설 감소, 봄 가뭄 증가가 산불 발생 가능성을 증대시키고 있음을 밝히고 있다.

이와 같은 연구 추세에 따라 최근에 국내 자료에 기반하여 한반도 내에서의 기후 변화 추세와 산불 발생 경향의 관련성을 분석하는 연구들이 발표되고 있다 (원명수 등, 2006; 곽한빈 등, 2008). 이들 연구들에서는 대체로 한반도 평균 기상 관측값의 시계열 경향성과 한반도 내 산불 발생 횟수와의 연관 관계를 분석하는 방식을 따르고 있다. 국내 자료에 대한 연구 결과들 또한 외국에서 발표된 기존의 여러 연구들과 마찬가지로 지구온난화와 관련된 기온 증가 및 습도 감소 경향이 산불 발생 빈도를 증가시키는 경향을 유도한다고 보고하고 있다. 그런데, 기후 변화의 특성을 분석한 선행 연구들에 따르면 계절에 따라, 기후 변수 및 지역에 따라 기후 변화 강도는 다르게 나타나고 있다 (IPCC, 2007). 마찬가지로, 한반도 내에서도 계절별, 지역별로 기후 변화 강도는 다르게 나타나고 있다 (Choi *et al.*, 2008). 본 연구에서는 여기에 착안하여 한반도 내에서 나타내고 있는 기후 변화의 지역적 편차를 분석하고, 이러한 지역적 변화가 산불 발생 분포의 변동에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 자료 및 분석 방법

본 연구에서는 국립 산림과학원에서 수집된 1991-2008년 동안의 전국 산불 발생 자료를 토대로, 산불 발생의 지역 분포 및 경향성을 분석하였다. 본 연구의 목적은 최근 한반도에서 나타나고 있는 기후 변화 특성이 산불 발생에 어떠한 영향을 미치고 있는지 확인하는 데에 있다. 본 연구에서는 전국 기상 관측소 관측값을 토대로 기후 변화 강도의 지역적 편차를 조사하고, 그에 따른 산불 발생 빈도의 변화를 조사함으로써 기후 변화와 산불 발생간의 관련성에 대하여 추론하였다. 우리나라 기상 자료 분석을 위해서는 기상청에서 제공하는 60개 기상 관측소 (Fig. 1에서 검은색 점으로 표시된 지점) 일평균 자료를 바탕으로 분석하였다.

산불 발생 지점 정보는 일반적으로 지번주소로 제공되므로 지역별 산불 발생 경향과 관련한 통계 분석을 위해서는 위치 정보를 가공하여 처리할 필요가 있다. 본 연구에서는 전국의 기상관측소 관측값을 기반

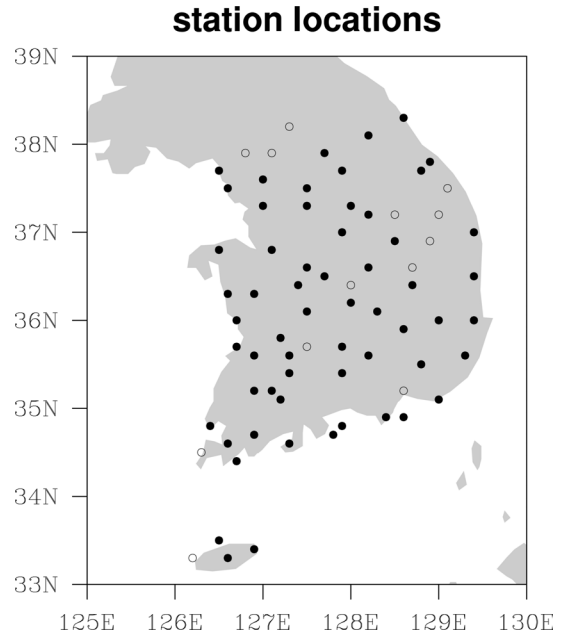


Fig. 1. Locations of the weather stations over Korea. Closed circles indicate the station locations which were analyzed for the climate variables during 1991-2008. Opened circles represent the station locations which were added to sort the forest fire occurrences.

으로 기후 변화 강도의 공간 분포를 추정하였기 때문에, 산불 발생 빈도 또한 기상 관측소 지점을 기반으로 환산하였다. 즉, 산불 발생지점과 기상 관측소 간의 연계를 위하여 발화지로부터의 거리 및 지형을 감안하여 산불발화지-기상관측소 연계표를 설계하고, 이를 토대로 개개의 기상관측소에 대하여 산불 발생 빈도를 계산하였다. 이러한 방식은 기상 변수와 동등한 방식으로 지역별 산불 빈도를 다룰 수 있는 장점을 가진다. 관측소별 산불 발생 분포 환산을 위해서는 앞서 언급한 60개 기상 관측소에 Fig. 1에 흰 점으로 표시한 13개 지점을 더하여 73개 기상관측소 지점에 대한 누적 산불 발생 횟수를 계산하였다. 기상 변수 및 산불 발생 횟수의 장기 변동성을 분석하기 위하여 일평균 기상자료 및 산불 발생 자료는 변수에 따라 연평균, 혹은 연누적 처리하여 분석하였다.

선행연구에 따르면 기후 변화 양상은 계절에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. Choi *et al.* (2008)에 따르면 한반도 월평균 강수량의 장기 변동은 5-8월의 경우 증가 경향을 나타내었지만, 10월-이듬해 4월까지의 강수량은 대체로 감소하는 경향을 나타내

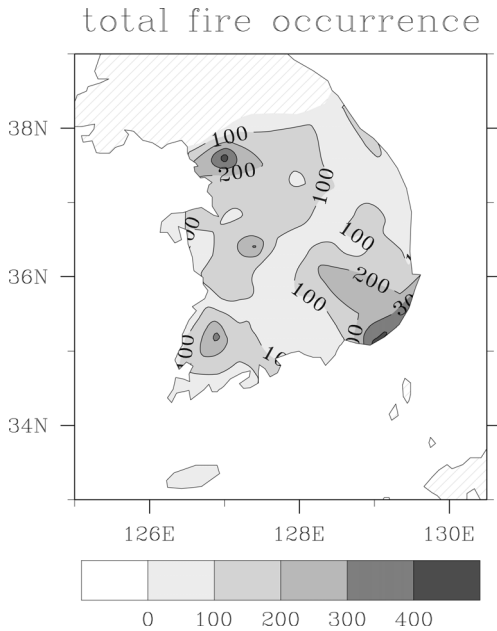


Fig. 2. Distributions of the forest fire occurrences over Korea accumulated for the period of 1991-2008.

었다. 즉, 연평균값을 분석하였을 때에는 한반도 강수량의 대부분을 차지하는 여름철 강수량의 증가로 인해 연강수량이 증가하였지만, 산불 발생이 빈번한 가을-이듬해 봄 시기의 경우 강수량이 오히려 감소하고 있는 것이다. 본 연구에서는 산불 발생 빈도가 가장 높은 시기인 이른 봄철 동안의 기후 변화와 산불 발생간의 관련성에 대해 조사하였다. 이를 위하여, 산불 발생과 관련이 깊은 것으로 알려진 기온, 습도 외에 강수량, 강수일수 등의 기상 변수의 장기 변동 경향에 대하여 조사하였다.

3. 전국 산불 발생 현황과 평균 기후장

기후 변화와 산불 발생간의 관련성에 대해 조사하기 위해서는 산불 발생 조건과 기상 인자의 관련성에 대한 이해가 선행될 필요가 있다. 현재까지의 여러 선행 연구들에서는 습도와 기온의 변화가 산불 발생에 주요한 인자임을 지적하고 있다. 이시영 등(2004)은 우리나라에서 지역에 따라 산불 발생에 유효한 영향을 미치는 기상변수를 분석하여, 실효습도와 일최고기온, 평균풍속과 같은 기상변수의 변동이 산불발생확률을 증가시키는 요인이 됨을 보였다. 또한, 원명수 등(2006)은 산불발생을 증가시키는 온도와 습도의 범위

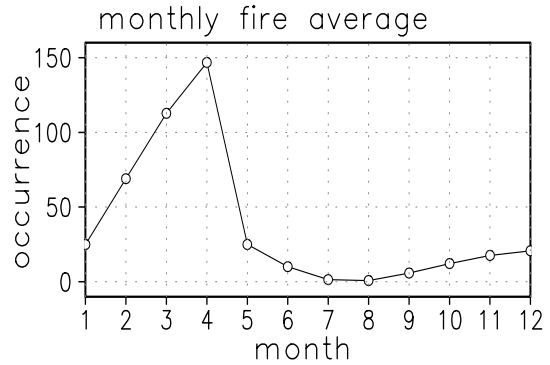


Fig. 3. Monthly occurrences of the forest fire averaged for 1991-2008.

를 분석함으로써 기후 변동에 따른 산불발생위험성을 판정할 수 있도록 하였다. 이시영 (2009)은 최근의 기후 변화 경향과 관련하여 산불 발생 건수를 분석한 결과, 강수량, 강수지속시간, 강수일수, 최소습도, 풍속 등이 산불과 관련이 있으며, 평균 기온 등은 크게 관련이 없음을 보였다.

본 연구에서는 한반도에서의 기후 변화에 대하여 조사하기에 앞서, 산불과 관련이 깊은 몇 가지 기상 변수들의 평균적인 수평 분포와 산불 발생 분포의 특징에 대하여 분석하였다. Figure 2는 1991년부터 2008년까지 발생한 산불 횟수를 누적 합산하여 나타낸 분포도이다. 서울-수도권 및 부산-영남 지역에서 산불이 가장 빈번하게 발생하였으며, 대전, 광주와 같은 대도시를 중심으로 산불이 발생하였음을 알 수 있다. 산불의 발생 원인의 대부분이 인간 활동으로 인한 실화임을 고려할 때 (원명수 등, 2006), 산불 발생 분포가 인구 집중도에 직접적인 영향을 받는 것은 당연하다.

산불의 공간적 분포와 더불어 우리나라에서 산불 발생의 월별 분포 패턴을 조사하였다 (Fig. 3). 우리나라에서 산불은 강수량이 집중되는 여름철에는 거의 발생하지 않다가 10월경부터 점차 증가하여 1월 이후로 급격히 증가하는 양상을 나타내는 것을 볼 수 있다. 그리하여 산불은 2월부터 4월까지의 이른 봄철에 집중적으로 발생하게 된다. 이러한 산불 발생의 시기적 분포를 바탕으로 이후에 전개될 기후 인자와의 관련성 분석은 2-4월 기간의 변동성에 초점을 맞추어 수행되었다.

산불 발생의 공간적 분포는 인구 집중도 뿐만 아니라 우리나라 평균 기후장 분포의 영향을 또한 받게 된다. Figure 4는 산불 자료의 기간과 동일한 1991-2008년 동안 2월-4월의 평균적인 기후장 분포를 보여준다.

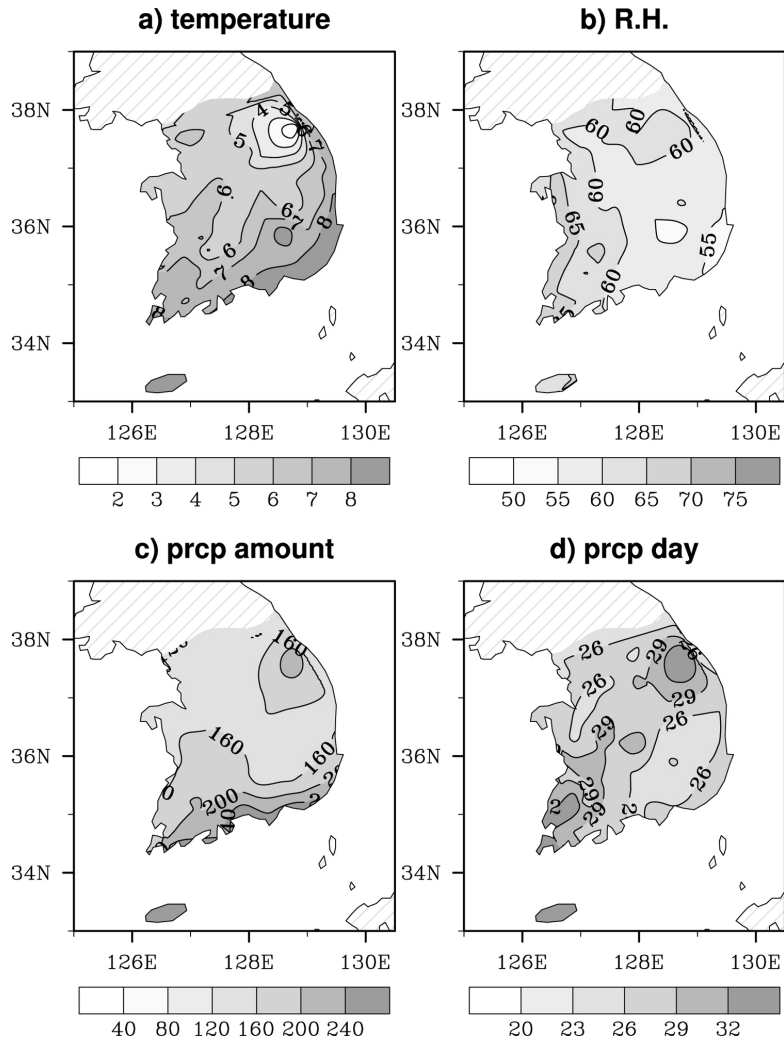


Fig. 4. Climatological distributions of the (a) temperature ($^{\circ}\text{C}$), (b) relative humidity (%), (c) accumulated precipitation amount (mm), and (d) precipitation day (number of days) for the early spring season (Feb-Apr) during the period of 1991-2008, respectively.

Figure 4a는 기온 분포를, 4b는 상대습도 분포를, 4c와 4d는 각각 누적 강수량과 강수일수 분포를 나타낸다. 평균 기온 분포에서는 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 대체로 낮은 기온 분포를 보이고 있으며, 부산 및 서울 인근 지역에서 주변보다 높은 기온이 나타나는 것을 볼 수 있다. 서울 및 부산 인근 지역에서 기온이 높게 나타나는 데에는 대도시에서의 국지적인 열섬 효과가 어느 정도 기여했을 것으로 생각된다. 결과적으로, 수도권, 영남 및 호남 지역에서 높게 나타나는 기온 분포는 이들 지역에서 산불이 빈번히 발생하게 된 데에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 기온과의 관련성이 높은 상

대습도 분포에서도 비슷한 특성을 볼 수 있다. Figure 4b에서 서울-수도권 지역과 부산-영남 지역이 주변보다 건조하게 나타난다. 이러한 특징은 영남 지역의 온난한 기후 특성 및 서울, 부산에서의 도시화 등의 복합적인 결과로 해석된다. 앞서 언급한 바와 같이, 인구 밀집이 있는 지역에서는 실화로 인한 산불 발생 확률이 증가하지만, 동시에 도시화 효과와 동반되는 고온-건조한 환경이 산불 발생 위험을 증가시킬 수 있다. 기온 및 습도의 평균적 분포로부터 우리나라 산불 발생이 기후적인 요인과 도시화 요인의 영향을 복합적으로 받고 있음을 알 수 있다.

fire occurrence trend (1991–2008)

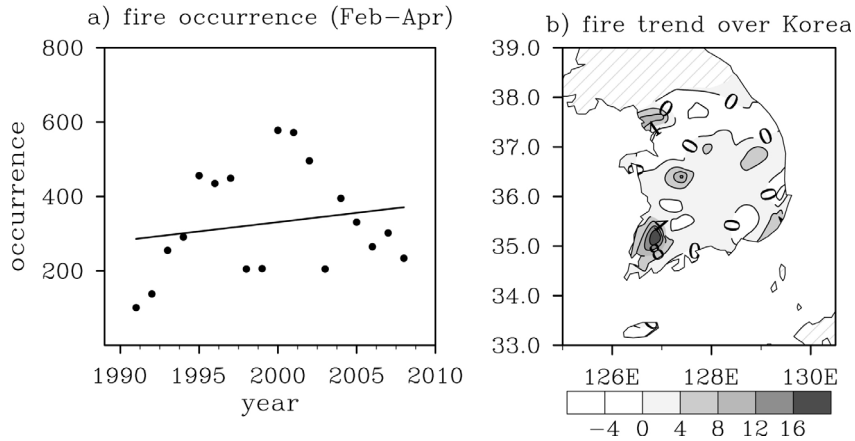


Fig. 5. (a) Dots indicate annual occurrences of the forest fire in Korea during early spring. Solid line shows linear trend of the forest fire occurrences during 1991-2008. (b) Distributions of the change in the number of the forest fire occurrences during 18 years since 1991. Shaded areas represent increased forest fire occurrences.

기온, 습도와 달리 도시화 현상과의 직접적인 상관관계는 약할 것으로 생각되는 강수 관련 변수에서도 산불 발생과의 관련성을 확인할 수 있다 (Figs. 4c, d). 2-4월 누적 강수량 분포는 남쪽 지방이 북쪽 지방보다 대체로 강수량이 많으며, 특히 호남 지역의 강수량이 많음을 보여준다. 대관령 부근 강원 지역은 유난히 이른 봄철 강수량이 많은 것으로 나타나는데, 이는 지형적 효과로 인한 강설로 생각된다. 강수일수 또한 호남 지역과 강원 지역에서 높은 값을 나타내어 강수량과 대체로 유사한 분포를 보여주고 있다. 수도권 지역 및 영남 지역에서 적게 나타나는 강수량 및 강수일수 분포는 이들 지역이 기후적으로 산불 발생에 취약한 조건을 가지고 있음을 의미한다. 한편, 산불 발생이 수도권, 영남 지역에 이어 비교적 빈번하게 나타났던 광주-호남 지역의 경우 습도와 강수량, 강수일수 모두에서 주변 지역보다 습윤한 환경인 것으로 나타났다. 이는 기후적 측면에서 볼 때 호남 지역이 산불 발생 위험도가 비교적 낮은 지역임을 의미한다.

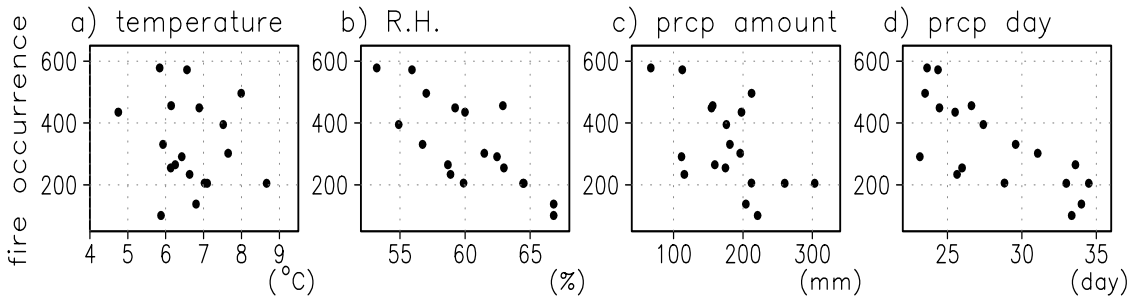
앞에서 우리나라 산불 발생의 대부분이 2-4월의 이른 봄철에 집중되어 나타나고 있음을 보았다. 1991년 이후 매 해 2-4월 동 기간 동안 발생했던 산불 횟수를 Fig. 5a에 나타내었다. 산불 발생 횟수는 매년 매우 뚜렷한 경년 변동성을 나타냄을 볼 수 있다. 흥미로운 사실은 경년 변동성에 비해 완만하기는 하지만 매 연도의 산불 발생 횟수에서 대체로 증가하는 경향성이 나

타난다는 것이다. Figure. 5b는 1991년 이래 18년 동안 각 지역별 산불 발생의 대략적인 증감폭을 보여주는데, 우리나라 상당 지역에서 양의 경향성이 나타나고 있음을 볼 수 있다. 지역별 산불 발생의 증감폭은 ‘선형회귀계수×자료 기간’의 값으로 계산하였다. 산불 발생 경향성의 지역별 분포에서 두드러지는 점은 호남 지역이 가장 뚜렷한 증가 추세를 나타낸다는 점이다. 이외에 수도권과 부산과 같은 대도시 지역에서 완만한 증가 추세가 나타나고 있다. 그런데, 특이한 점은 앞서의 Fig. 2에서 산불 발생이 가장 빈번한 지역은 수도권 및 부산-영남 지역이었던 데에 반하여 산불 발생 증가율은 호남 지역에서 가장 높게 나타나고 있다는 것이다.

이러한 산불 증감률 분포를 설명하기 위하여 몇 가지 가능성을 생각해 볼 수 있다. 한 가지는 도시화가 꾸준히 진행되면서 인구 집중에 의하여 대도시를 중심으로 산불 발생이 증가했을 가능성, 두 번째는 도시화에 의해 대도시 주변으로 국지적인 기후 변화가 강화되어 산불에 취약한 환경을 유발했을 가능성, 또 마지막으로 순수히 기후 변화에 의해 기후 조건이 산불 발생에 호조건을 제공하는 방향으로 변했을 가능성을 들 수 있다. 첫 번째의 가능성은 1991-2008년 동안의 매 해 지역별 인구 순이동을 보여주는 Table 1으로부터 판단해 볼 수 있다. 표에 따르면 서울을 중심으로 한 수도권 지역 (Near Seoul Area)에서는 거의 해마다 인구 유입이 일어났던 반면, 호남 지역(Southwestern Area)과 영남

Table 1. Annual net movements of regional populations (unit : a thousand person) from domestic population movement report of Korea National Statistical Office

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Near Seoul Area	221	169	152	122	69	54	62	9	95	150
Southwestern Area	-107	-86	-77	-59	-33	-34	-29	1	-32	-55
Southeastern Area	-59	-56	-64	-49	-49	-44	-61	-49	-65	-78
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Sum	
Near Seoul Area	136	210	137	140	129	112	83	52	1103	
Southwestern Area	-38	-99	-49	-86	-52	-47	-32	-23	-511	
Southeastern Area	-76	-81	-76	-77	-68	-65	-60	-45	-574	

**Fig. 6.** Scatter diagrams for the forest fire occurrence and the (a) mean temperature, (b) relative humidity, (c) accumulated precipitation amount (d) precipitation day during the early spring season (Feb-Apr).

지역(Southeastern Area)에서는 인구 유출이 일어났다. 산불 발생이 인구 집중도와 비례하는 것으로 본다면 수도권 지역에서 산불 증가율이 증가한 것은 당연하다고 볼 수 있다. 그런데, 광주-호남 및 부산-영남 지역은 오히려 인구 감소가 일어남에도 불구하고 산불 발생이 증가하고 있다. 특히 호남 지역에서 두드러지는 산불 발생 증가세는 인구 집중과 무관한 다른 원인에 의한 것일 가능성이 크다고 볼 수 있다. 다음 절에서는 이러한 지역별 산불 증감 경향과 관련하여 한반도 내 기후 변화가 미친 영향에 대하여 논의할 것이다.

4. 한반도 기후 변화의 시공간적 특성

최근 기후 변화와 관련된 기상 이변 현상들이 속출함에 따라 기후 변화와 동반된 기상 변수들의 변화 경향에 대하여 국내외를 막론하고 활발한 연구가 진행되고 있다. 흔히 기후 변화를 설명하면서 전 지구적인 관점에서의 평균 기온의 상승을 언급하기 때문에 기후 변화의 의미는 지구온난화라는 용어로 대변되기도 한다. 하지만, 지구온난화라는 개념은 전 계절, 전 지역에서의 일률적인 기온 상승을 의미하는 것은 아니다. 오히려 지구온난화와 더불어 지구상의 어떤 지역에서는 이

상 한파가 닥치기도 하고, 또 다른 지역에서는 폭설을 경험하기도 한다. 이처럼 기후 변화는 일반적으로 지구 평균적인 기온 상승과 동반된 여러 기상 인자들의 변동성 증가로 나타나게 된다. 앞서의 절에서 우리나라 기후 평균장의 분포와 산불 발생의 공간적 관련성을 비교하였다. 이번 절에서는 산불 발생과 관련이 높은 기후 인자들에 나타난 경향성을 분석하고, 지역별 특징을 지적함으로써 산불 발생 경향과의 연관 관계에 대하여 논의하도록 하겠다.

앞서 살펴본 바와 같이, 산불 발생 분포는 기후인자의 영향을 받게 된다. 이를 경년 변동의 관점에서 다시금 확인하여 보았다. Figure 6은 매 해 이른 봄철 동안에 발생했던 산불 횟수와 기후 인자의 관계를 산점도로 나타낸 것이다. 그림에 나타난 점들의 분포가 선형에 가까울수록 산불과 기후 인자의 관련성이 높으며, 산발적인 분포는 두 인자들 간에 관련성이 적은 것으로 이해할 수 있다. Figure 6a에서 기온의 경년 변동성과 산불 발생 횟수는 산발적인 분포를 나타내므로 그다지 뚜렷한 관련성을 나타내지 않는 반면, 습도와 강수일수에서는 비교적 뚜렷한 선형의 관련성이 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한, Figs. 6b, d에서 산점도의 분포가 갖는 기울기는 음의 값을 나타내고 있는데, 이는

R.H. & prcp trend (1991–2008)

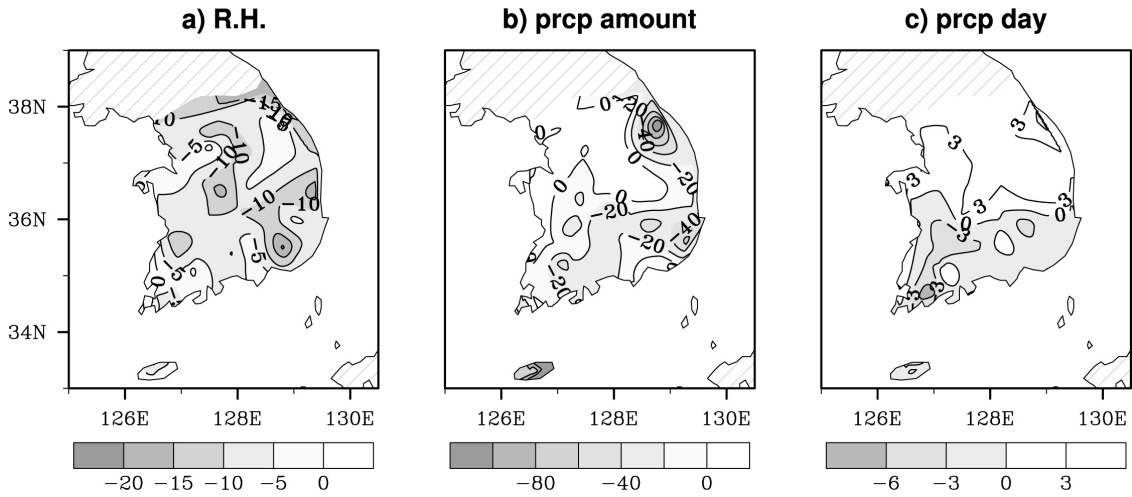


Fig. 7. (a) Change distributions in the relative humidity during 1991-2008 early spring seasons (%/18years). Shaded regions indicate the areas where show negative trends in humidity, which mean drier atmospheric conditions. (b) and (c) are same as (a) except for the accumulated precipitation amount (mm/18years) and the precipitation day (number of day/18years), respectively.

곤, 습도 혹은 강수일수가 증가할수록 산불 발생이 감소함을 의미한다. 누적 강수량은 기온보다는 관련성이 높지만, 습도와 강수일수에 비해서는 산불과 약한 관련성을 나타내었다. 이러한 결과는 우리나라 봄철의 산불 발생에 습도와 강수일수가 중요한 변수임을 보여 준다.

습도 및 강수일수와 산불의 경년 변동성에 나타난 관련성은 이들 기후 인자의 장기 변동성이 산불의 증감 추세에도 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 한반도에서의 기후 변화 경향을 분석한 선행 연구들에 따르면, 한반도에서의 일평균 기온 증가와 더불어 일최고 기온 및 일최저 기온의 극값에서의 변화가 나타났다 (최광용과 권원태, 2001). 또한 전계절 강수량에서는 연강수일수는 감소하였으나 연강수량은 증가하여 강수 강도가 증가하였다 (Choi, 2002; 권원태, 2005). 본 연구에서는 1973년 이후로의 우리나라 기후 변화 경향성을 분석한 결과 산불 발생이 비교적 빈번한 늦가을-이른 봄 시기에 우리나라의 기후는 기온은 상승하고, 상대습도는 감소하며, 강수량, 강수일수 역시 감소하는 경향을 나타내었음을 확인하였다 (figures not shown). 이러한 기후 변화 경향은 한반도에서 전반적으로 산불 발생에 취약한 방향으로 기후가 변화하고 있음을 보여준다.

그런데, 이러한 기후 변화 추세는 한반도 전역을 평균한 관점에 의한 것으로, 앞서 산불 발생 경향성이 지역에 따라 다르게 나타나듯이 기후 변화 강도 또한 국지적으로 차이를 나타낼 수 있다. 산불의 경년 변동성에 어느 정도의 연관성을 나타내는 습도, 강수량, 강수일수의 변화 강도 분포를 Fig. 7에 나타내었다. Figure 7은 1991년 이래 매 해 이른 봄, 각 관측소 평균값으로부터 얻은 선형 회귀계수에 관측 기간을 곱하여 각 변수들의 변동폭을 보여준다. Figures 7a-7c는 상대습도, 누적 강수량, 강수일수의 변화 강도를 나타낸다. 상대습도는 전국적으로 감소하는 경향을 보이고 있으며 특히 충청 지역과 영남 지역에서 큰 폭의 감소가 나타났다. 앞서, Fig. 6에서 상대습도의 경년 변동성은 산불 발생과 비교적 뚜렷한 관련성을 가지고 있음을 확인한 바 있다. 지역에 따라 강도의 차이는 있지만 전국적으로 습도가 감소하는 경향을 나타내었다는 사실은 습도 감소가 산불 발생의 증가 추세에 영향을 미쳤을 가능성을 보여준다.

한편, 누적 강수량의 경우 영남 지역과 강원 지역에서 감소 추세를 나타내었으나 산불 증감 추세와의 관련성은 그다지 뚜렷하지 않아 보인다. 이는 Fig. 6c에서 본 바와 같이 누적강수량과 산불의 경년 변동에서의 관련성이 약하기 때문으로 이해할 수 있다.

강수일수의 경우 호남지역을 중심으로 뚜렷한 감소 추세를 나타내고 있다. 강수일수에서의 이러한 추세 분포는 산불 추세에서 호남 지역이 가장 급격한 증가 추세를 나타내었음을 고려할 때 매우 흥미로운 결과이다. 앞서의 Fig. 6에서 강수일수의 경년변동성은 산불 발생과 비교적 뚜렷한 관련성을 가지고 있음을 확인하였다. 강수일수의 감소가 호남 지역을 중심으로 나타났다는 사실은 강수일수의 감소가 이 지역에서의 산불 발생 증가에 주요한 원인으로 작용했을 개연성을 보여준다. 강수일수의 감소는 강수 간격이 길어짐을 의미하고 따라서, 지표 및 수목의 건조도가 높아지기 때문에 산불 발생의 가능성을 증가시킬 수 있다. 한 가지 더 흥미로운 점은 Fig. 4에 나타난 바와 같이 호남 지역이 강원 지역과 더불어 우리나라에서 기후 평균적으로 이른 봄철 동안의 강수일수가 가장 많은 지역이라는 사실이다. 이는 호남 지역이 기후 평균적으로는 산불 발생에 덜 취약한 조건을 가지고 있음에도 불구하고, 이 지역에서의 강수일수의 감소가 산불 발생 증가율을 높인 원인이 되었다고 해석해 볼 수 있다.

앞서의 절에서 우리나라 산불 증가를 설명하기 위한 가설로서, 도시화로 인한 국지 기후 변화 효과와 지구온난화 등에 의한 기후 변화 가능성을 고려한 바 있다. 기온 및 상대습도의 변동에서는 도시화 효과와 비교적 직접적인 관련성을 추론해볼 수 있으며, 도시화 효과가 지구 온난화와 동반된 습도 감소를 국지적으로 강화시키며 대도시를 중심으로 산불이 증가하는 데에 기여했을 것으로 생각해볼 수 있다. 한편, 강수일수의 변화는 도시화 효과와 직접적인 관련성이 비교적 약할 것으로 판단할 수 있다. 이로부터, 비교적 광범위하게 나타난 호남 지역의 산불 증가에는 한반도 기후 변화가 직접적인 원인으로 작용하였을 가능성이 크다고 하겠다.

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 1991년부터 2008년까지 한반도 내에서 발생한 산불 자료를 바탕으로 각 지역별 산불 발생 분포와 기후 인자간의 관련성에 대하여 조사하고, 한반도에서의 기후 변화가 산불 발생 증가에 미친 영향에 대하여 분석하였다. 우리나라에서의 산불 발생은 서울-수도권 지역과 부산-영남 지역과 같은 대도시를 중심으로 빈번하게 나타난다. 산불 발생이 도시 인근 지역에 집중되는 이유는 대부분의 산불의 원인이 인간

활동으로 인한 실화이기 때문에 높은 인구 밀집도가 산불 발생을 유발하는 원인이 되기 때문이다. 그 외에 우리나라 산불 발생 분포를 설명하는 요인으로 지역 기후 특성을 들 수 있다. 산불 발생과 관련이 높은 것으로 알려진 몇 가지 기후 변수들의 한반도 내에서의 평균적 분포는 기후 인자가 산불 발생 패턴을 설명하는 요인이 됨을 보여준다.

본 연구에서는 한반도에서의 기후 변화 강도의 지역별 편차가 산불 발생 변화 경향과 어떠한 관련이 있는지에 대해서도 분석하였다. 한반도에서의 산불 발생 횟수는 경년 변동성이 상당히 크기는 하지만 대체로 증가하는 추세를 나타내고 있다. 우리나라 상당 지역에서 산불 발생은 증가 추세를 나타내고 있으며 특히 호남 지역에서 가장 급격한 증가 추세를 나타내고 있다. 한반도 전역에서 대체로 산불 발생이 증가하고 있는 원인으로서는 여러 선행 연구들에서 지적한 바와 같이 지구 온난화와 동반된 한반도 평균 기온 증가에 따른 습도 감소를 들 수 있다. 그런데, 유독 대도시 지역에서 특히 산불 증가율이 높은 이유에는 지구 온난화 효과와 도시화 효과가 밀접하게 연관되어 있다고 볼 수 있다. 지구온난화와 동반하여 나타나는 습도 감소는 도시화 효과에 의해 국지적으로 강화되면서 대도시를 중심으로 산불 증가율을 높이는 역할을 했을 것으로 생각된다. 그런데 산불 증가율이 가장 광범위하면서 높게 나타났던 호남 지역의 경우, 기온과 습도에서의 변화보다는 강수일수의 변화가 산불 발생의 주요 원인으로 작용했을 가능성이 큰 것으로 나타났다. 호남 지역에서의 강수일수의 감소는 이 지역의 산불 발생을 증가가 비교적 순수하게 기후 변화의 영향을 받은 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에서는 산불 발생 경향성 분석을 위해 1991년부터 2008년까지의 자료를 활용하였다. 18년이라는 기간은 기후 변화 가능성을 고려하기에 짧은 기간이기에, 이러한 짧은 기간의 자료로부터 경향성을 추론하는 접근 방식은 한계를 가질 수 있다. 하지만, 본 연구의 결과는 미진하게나마 우리나라에서의 기후 변화가 산불 발생에 주요하게 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다. 본 연구 결과를 바탕으로 향후, 각 기후인자들의 세부 분석을 수행함으로써 우리나라 산불 발생과의 관련성을 밝히는 연구가 심도있게 진행될 것이다. 본 연구에서 각 지역별로 다르게 나타난 기후 인자들의 변화 특성은 앞으로의 우리나라 산불 변화 가능성 예측을 위한 기초가 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 강다연, 오재호, 권원태, 2003: 관측 기록에 나타난 최근 한반도 기후변화 양상에 관한 연구, *대기*, **13(3)**, 396-397
- 곽한빈, 이우균, 이시영, 원명수, 이명보, 구교상, 2008: 산불 발생 분포와 지형, 지리, 기상 인자간의 관계 분석, *한국GIS학회 공동춘계학술대회 발표논문집*, 465-470
- 국내인구이동통계, *통계청 홈페이지* <http://index.go.kr/egams/default.jsp>
- 권원태, 2005: 기후변화의 과학적 현황과 전망, *한국기상학회지*, **41**, 325-336
- 원명수, 구교상, 이명보, 2006: 우리나라의 봄철 순평년 온습도 변화에 따른 산불발생위험성 분석, *한국농림기상학회지*, **8(4)**, 250-259
- 이시영, 한상열, 원명수, 안상현, 이명보, 2004: 기상특성을 이용한 전국 산불발생확률모형 개발, *한국농림기상학회지*, **6(4)**, 242-249
- _____, (2009): 산불과 기상, *한국방재학회지*, **9(2)**, 19-23
- 최광용, 권원태, 2001: 20세기 우리나라 자연 계절 전이와 생활 기온 지수의 변화, *지리교육논문집*, **45**, 14-25
- _____, _____, David A. Robinson, 2006: 우리나라 사계절 개시일과 지속기간, *대한지리학회지*, **41(4)**, 435-456
- Choi, Gwangyong, Won-Tae Kwon, Kyung-On Boo, and Yu-Mi Cha, 2008, Recent Spatial and Temporal Changes in Means and Extreme Events of Temperature and Precipitation across the Republic of Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, **43(5)**, 681-700
- Choi, Youngeun, 2002: Trends in daily precipitation events and their extremes in the southern region of Korea, *Korea Soc. Environmental Impact Assessment*, **11**, 189-203
- Clark, J. S., P. D. Royall, and C. Chumbley, 1996: The Role of Fire During Climate Change in an Eastern Deciduous Forest at Devil's Bath Tub, New York, *Ecology*, **77(7)**, 2148-2166
- Flannigan, M. D., B. J. Stocks, and B. M. Wotton, 2000: Climate change and forest fires, *The Science of the Total Environment*, **262**, 221-229
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland. 104 pp.
- McCoy, V. M., and C. R. Burn, 2005: Potential Alteration by Climate Change of the Forest-Fire Regime in the Boreal Forest of Central Yukon Territory, *Arctic*, **58(3)**, 276-285
- Pinol, J., J. Terradas, and F. Lloret, 1998: Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain, *Climate Change*, **38**, 345-357
- Randerson, J. T., H. Liu, M. G. Flanner, S. D. Chambers, Y. Jin, P. G. Hess, G. Pfister, M. C. Mark, K. K. Treseder, L. R. Welp, F. S. Chapin, J. W. Harden, M. L. Goulen, E. Lyons, J. C. Neff, E. A. G. Schuur, and C. S. Zender, 2006: The Impact of Boreal Forest Fire on Climate Warming, *Science*, **314**, DOI:10.1126/science.1132075