1990년대와 2000년대 건조계절의 산불발생 시공간 변화 분석

원명수¹ · 윤석희^{1*} · 구교상¹ · 김경하¹

Spatio-Temporal Analysis of Forest Fire Occurrences during the Dry Season between 1990s and 2000s in South Korea

Myoung-Soo WON¹ · Suk-Hee YOON^{1*} · Kyo-Sang KOO¹
Kyong-Ha KIM¹

요 약

우리나라에서는 최근 19년 동안에 연평균 448건의 산불이 발생하였다. 특히, 전체 산불발생건수의 약 94%가 봄·가을철 건조계절에 동시다발적으로 빈번하게 발생하였다. 이는 국가적인 산림화재의 피해를 최소화하기 위해 산불을 효율적이고 체계적으로 관리하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 최근 19년간 발생한 건조계절 산불을 1990년대와 2000년대로 나누어 순기에 따른 각 시군별 산불발생빈도의 시공간적 패턴을 GIS로 분석 후 1990년대 대비 2000년대의 순기별 산불발생빈도 변화 패턴을 비교·분석하였다. 분석 결과 1990년대와 2000년대에는 가장 높은 산불발생빈도를 나타낸 순기가 4월 초순으로 같았지만 이에 대한 지역별 산불발생빈도가 한반도 서쪽인 충청지역을 중심으로 대전에서 27건으로 가장 많이 증가하였고, 호남 및 인천지역에서 10건 이상 증가한 것으로 분석되었다. 그러나 강원 홍천에서는 4월 하순에 최대 12건이 감소한 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 시기변화에 따라 이동하는 산불에 대한 지역별 맞춤형 산불방지대책 수립이 가능해질 것으로 판단된다.

주요어 : 산불발생위치, 산불발생빈도, 건조계절

ABSTRACT

For the period between 1991 and 2009, the annual average of 448 forest fires occurred in Korea. Above all, approximately 94% of the total fires frequently occurred

---

2011년 7월 13일 접수 Received on July 13, 2011 / 2011년 8월 15일 수정 Revised on August 15, 2011 /
2011년 8월 24일 심사완료 Accepted on August 24, 2011

1 국립산림과학원 산림방재연구과 Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute

* 연락처자 E-mail : tree007tree@hanmail.net

during the spring and fall seasons. Therefore, we need to minimize the damage of forest fire and manage them systematically. In this study, we analyzed the spatio-temporal distribution patterns for the frequency of forest fire occurrences by each city and gun during dry season between 1990s and 2000s using GIS. Then we compared to analyze the frequency of forest fire occurrence by ten-day intervals in 2000s with that in 1990s. As a result of analysis, early April showed the highest frequency of forest fire occurrence in both 1990s and 2000s. Compared to the 1990s and 2000s, the regional change of forest fire showed the most frequent fire events around Chungcheong province. Especially extra 27 fires increased in Daejeon city, and the second most frequent fire had more than 10 fires in Jeolla province and Incheon. However, the number of fire frequency decreased by 12 fires at the end of April in Hongcheon-gun(the province of Gangwon). This is the largest drop over the study period. We consider that this paper will utilize usefully to establish regional counterplan for forest fire prevention by understanding regional forest fire patterns from seasonal change.

KEYWORDS : *Forest Fire Occurrence Location, Frequency of Forest Fire Occurrence, Dry Season*

서론

산불은 전세계적으로 육상, 수생, 대기 생태계에 중대한 영향을 미치는 생태계 일련의 과정으로(Lentile *et al.*, 2006), 매우 광범위한 교란 메커니즘을 가지고 있어 산림의 구조와 기능에 영향을 미친다(Hessburg *et al.*, 2007). 우리나라는 전 국토의 65%가 산림으로 구성되어 있으며, 불에 잘 타는 침엽수가 43%로 가장 많아 산불발생의 위험성이 높으면서 대륙성 계절풍으로 인하여 봄·가을철 건조기가 계속 지속되어 해풍·뽕 현상 등 바람의 영향으로 산불발생은 전국에 동시 다발적인 경향이 상존하고 있다. 뿐만 아니라 매년 봄철에는 기후적으로 가장 건조하여 상대습도와 연료습도가 낮아지고 임내지피물이 매우 건조해 있으며, 산림 내 지피물의 식생은 아직 잎이 돌아나지 않기 때문에 봄철에는 산불이 집중된다(이시영과 이해평, 2006).

우리나라에서는 최근 19년간(1991~2009년) 연평균 448건의 산불이 발생하였다(산림

청, 2009). 특히 동기간 동안 85%에 해당하는 산불이 1~5월인 봄철 산불조심기간에 집중적으로 발생하였고 가을철 산불조심기간인 11~12월에는 약 9%가 발생하였다. 뿐만 아니라 건조기에는 300ha 이상의 대형 산불이 총 11건으로 전부 봄철에 발생하였고 28,883ha의 산림과 재산피해를 가져왔다. 이러한 대형 산불 중에서 약 82%(9건)의 산불이 4월에 집중적으로 발생하였고 19년간 전체 산불발생 대비 피해면적은 56%를 차지하면서 봄철 대형 산불로 인한 피해는 심각하다고 볼 수 있다.

현재 우리나라에서는 산불 발생에 대한 특성 및 영향 인자 등을 구명하고자 하는 기초 연구들과 GIS/RS를 활용한 시·공간적 분석 연구들이 다양하게 이루어지고 있다. 이시영과 이해평(2006)은 최근 14년간(1991~2004년)의 우리나라 산불 발생에 대하여 통계적인 접근 방법으로 각 변수별에 따른 빈도 분석을 하였다. 점차 공간정보 기술의 발달로 GIS/RS를 활용하여 산불발생 지점에 대한 정보를 얻을 수 있게 됨으로써 Chuvieco and

Salas(1996), Kasischke *et al.*(2002)은 산불발생 빈도와 관련된 인자들의 특성에 대한 연구로 산불발생 인자별 위험성을 제시하였다. 또한 이시영 등(2004)은 산불발생인자에 따른 산불발생위험지역을 구분하고자 GIS를 이용하여 경북 의성군을 20개의 등급으로 지수화하였고, 안상현 등(2004)은 GIS를 이용하여 최근 10년간의 산불발생확률모형 개발과 위험지도를 작성하기도 하였다. 원명수 등(2006)은 기상적 요인(온도, 습도)과 산불발생 빈도와의 상호관계 구명을 통하여 시간경과에 따른 산불발생위험성과 온·습도 변화에 따른 산불발생위험 구간을 공간분석에 의하여 정의하였다. 그리고 곽한빈 등(2008)은 1997년부터 2006년까지 산불발생 지점의 지형인자와 지리인자, 기상인자간의 관계를 구명하였고 곽한빈 등(2010)은 1991년부터 2006년까지 산불발생 지점에 대하여 원인별로 공간적인 패턴 분석을 하였다. 이병두 등(2009)은 GIS와 산불발생통계를 이용하여 1991년부터 2007년까지 전국의 시·군·구를 대상으로 지역별 산불 발생 및 확산 특성을 분석하였다. 이와 같이 국내에서는 GIS/RS 등을 활용하여 산불 발생에 대한 시·공간적 특성 등을 분석한 연구들이 있는데, 이런 연구들은 시기별로 국한된 산불 통계자료를 이용하여 기상, 산불발생원인 및 확산 측면으로 접근하여 산불발생 위험성을 분석하거나, 산불이 빈번하게 발생하는 특정 시군을 대상으로 분석하였다. 그러나 산림청의 공식적인 산불발생 통계는 1991년부터 시작됨에 따라 총 19년간(1991~2009년)의 건조기 산불발생 정보를 활용하여 연대 및 순기에 따라 시·공간적인 산불발생 패턴을 분석한 연구가 없는 것으로 알려져 있다. 이시영과 이해평(2006)에 의하면 대부분의 산불이 4월에 집중되어 발생하였는데 2000년과 2002년에는 3월 중에 가장 많은 산불이 발생하였다. 이것은 이상 기후현상으로 인하여 봄철 가뭄이 심해져 산불위험시기가 앞당겨질 수 있다는 것이다. 또한 기후변화로 인한 상대습도 감소, 기온 상승,

산불기간의 강수량 감소로 인해 산불위험은 증대되는 추세이다(이병두 등, 2011).

따라서 봄·가을철 산불로 인한 국가적인 피해를 최소화하고 산불을 효율적이고 체계적으로 관리하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 산불발생에 대한 시공간적 기초자료를 구축하기 위하여 최근 19년간 발생한 건조기 산불을 1990년대와 2000년대로 나누어 165개의 시군을 대상으로 순기별에 따른 산불발생빈도의 공간변화를 분석하고 1990년대 대비 2000년대의 순기별 산불발생빈도의 공간변화 패턴을 분석하고자 하였다.

자료 및 방법

1. 연구자료

본 연구의 진행을 위해 1991년부터 2009년까지 발생한 총 19년간의 산불발생위치를 공간자료화하였다. 발생위치 지점에 대한 GIS 포인트 자료의 구축을 위해 1991년부터 산림청에서 제공하는 공식적인 연도별 산불통계대장은 입력 자료로 수집하였다. 수집한 산불통계자료는 국토해양부 한국토지공사의 한국토지정보시스템(KLIS)인 1:6000 연속지적도를 활용하여 시·공간적인 연도별 산불발생위치 구축에 이용하였다. 구축된 DB자료는 시기별 산불발생 패턴을 파악하기 위한 기초자료로써 19년 월평균 건수 및 피해면적은 그림 1에서 볼 수 있다. 그림 1과 같이 시기별 발생건수와 피해면적은 건조계절이 시작되는 11월부터 다음해 4월까지 증가하는 경향을 보이다가 5월 이후로 감소하고 있다. 예외적으로 10월의 평균 피해면적이 컸던 이유는 1996년도에 강원 고성 산불로 3,762ha의 큰 피해를 가져왔기 때문이다(산림청, 2009). 따라서 최근 19년간 시기별 산불발생 현황을 10년 단위로 나누어 봄·가을철 순기에 따른 각 시군의 공간적 산불발생빈도와 연대 및 순기별 발생빈도 변화 패턴을 분석하였다.

FIGURE 1. 월평균 산불발생건수 및 피해면적(1991~2009)

2. 산불발생위치 공간자료화

과거 산불발생위치에 대한 공간DB(1991~2009년) 구축을 위하여 산림청에서 제공하는 최근 19년간의 산불발생위치 및 이력정보 데이터를 수집한 후 발생위치에 대한 연대별 공간자료 구축을 실시하였다. 먼저 산불통계대장의 지번자료를 기준으로 연속지적도의 PNU

코드(19자리수)와 매칭하여 발생위치에 대한 지적의 폴리곤 중심점에 포인트를 생성하였고, 각각의 생성포인트에 대한 속성테이블은 산불통계대장의 스키마를 기준으로 작성하였다(그림 2). 이러한 산불발생위치정보의 구축은 국립산림과학원에서 Arc Object와 Visual Basic 6.0을 기반으로 개발된 산불발생위치정

(a) 1990년대

(b) 2000년대

FIGURE 2. 산불발생위치

보시스템을 활용하였다. 이 산불발생위치정보 시스템(<http://forestfire.kfri.go.kr:8080/folis/>)은 산불발생 및 위치정보를 공간적으로 자료화하여 체계적인 산불관리와 구축된 공간자료의 활용도를 다방면으로 증대코자 개발된 시스템이다(원명수와 구교상, 2011).

3. 산불발생위치 공간정보 분석

먼저 산불발생위치의 공간정보 데이터를 활용하여 1990년대(1991~1999년)와 2000년대(2000~2009년)의 건조기(11~5월)를 대상으로 순기에 따른 165개의 시군별 산불발생건수를 정리하였다. 공간정보 분석을 위해 데이터는 1990년대와 2000년대로 나누었으며, 이는 1990년대에서 2000년대로 갈수록 발생 빈도가 대도시 주변에서 계속 증가하다가 1990년대 말에는 감소하는 경향을 보였다. 그러나 2000년대 초부터 산불발생이 2배 이상으로 급격한 증가 경향을 보였기 때문에 10년 단위로 구분하여 순기별 및 지역별 발생 패턴을 비교하였다. 또한 165개 시군을 대상으로 산불발생빈도를 파악하였는데 그 이유는 산불발생위치의 포인트가 지적의 폴리곤 중심에 생성되어 실제의 발화지점과 오차가 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 각각의 산불 발화지점이 아닌 165개 시군별로 발생한 산불건수를 파악하여 빈도분석을 실시하였다. 곽한빈 등(2010)은 1991년부터 2006년까지 원인별 산불발생지점의 공간적인 패턴 분석을 위하여 산불발생 지점간의 거리 관계를 이용한 점 패턴 분석 방법을 실시한 바 있다. 공간통계적 분석에서 점 패턴 분석은 임의의 공간 안에서 점 데이터의 구체적인 값이 아니라, 각 지점 자체의 위치이며 각 지점간의 거리 관계를 이용하여 패턴 분석을 실시하는 방법인데 이론적으로 포아송 분포를 따르는 점 패턴의 임의 공간 분포를 가정하여 공간상에서 전체 건수의 개수만큼 밀도를 가지는 공간을 분석하는 개념이다. 그러나 산불은 시간 경과에 따른 지역별 이동 패턴이 달라지며, 자연과 인문·사회적 현상을 가중치를 적용하여

해석하기에는 많은 어려움이 따른다. 본 연구에서는 산불발생빈도의 공간적 발생 특성과 이동 패턴을 분석하기 위하여 Arc GIS Ver. 9.3 프로그램을 이용하여 각 시군의 행정구역 중심점과 산불발생건수를 시군의 포인트 정보에 결합한 후 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 공간해상도로 IDW¹⁾(Inverse Distance Weighting) 분석을 실시하였다. 이 IDW 내삽은 지구 과학자들에 의해서 널리 사용되고 있다(Ware *et al.*, 1991). 또한 IDW는 특정 위치의 속성 값을 추정하기 위하여 주위 자료의 속성 값을 참조하는 방법을 말하며 포인트 자료에 적용 가능한 대표적인 방식으로 관심 위치로부터 가까운 위치에 있는 자료의 속성 값이 많이 반영되고 멀어질수록 거리에 반비례하여 그 값이 적게 반영되는 특징이 있다(Shepard, 1968). 따라서, 이러한 공간분석 결과를 바탕으로 1990년대 대비 2000년대의 지역별 및 순기별에 따른 산불발생빈도의 시·공간적 변화 패턴을 구명하기 위하여 순기 변화에 따른 시군의 공간적 빈도변화 차이를 국소 개념이 아닌 광의 개념으로 분석하였다(그림 3).

FIGURE 3. 연구 흐름도

결과 및 고찰

1. 우리나라의 건조계절 산불발생 특성

산불발생이 빈번한 건조계절(11~5월)을 대상으로 165개 시군별 산불발생빈도를 분석한 결과, 1991년부터 2009년까지 건조기에는 주로 서울과 6개 광역시(인천, 대전, 광주, 대구, 울산, 부산)를 포함한 대도시를 중심으로 근교 시군에서 산불발생빈도가 높게 나타났다. 이 결과 지역별 산불발생빈도는 부산이 388건으로 가장 높았고, 그 다음으로 서울 334건, 인천 297건, 울산 271건, 대구 227건, 대전 216건, 광주 175건 순으로 광역대도시 지역에서 높게 나타났다. 또한 시·도별로 나누어 보면 한반도의 동쪽에 위치한 경북 지역이 1,274건으로 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 강원 지역이 910건으로 나타났다. 반면에 서울, 인천, 대전, 광주를 제외한 경기·충청·호남 지역에서는 전반적으로 낮은 산불발생빈도를 나타냈다. 서해안의 일부 시군에서는 1건 이하로 가장 낮은 산불발생빈도를 나타내기도 하였다. 이는 인구밀도와 기후권역에 따라 산불발생에 영향력을 미칠 수도 있으므로, 인구가 밀집한 대도시 권역과 고온·건조한 기후권역인 영남지역에서는 산불이 발생하는데 큰 영향을 줄 수 있다고 판단된다(성미경 등, 2010). 그 결과 우리나라의 산불은 인구밀도가 높은 대도시 주변에 집중되어 발생하

였는데 입산자실화(43%)가 가장 높은 비율로 대도시 및 강원·영남 지역을 중심으로 높게 나타나는 경향을 보였다. 다른 원인으로 담뱃불 실화, 어린이 불장난, 방화는 발생건수가 적었지만 인구밀도 분포와 유사한 경향을 보였다. 입산자실화 다음으로 높은 비율을 차지한 논밭두렁 소각의 공간 분포는 전국적으로 나타났다(곽한빈 등, 2010). 또한 Pew *et al.*(2001)의 GIS 분석 결과에 따르면 인간에 의한 산불발생은 사회·경제 기반이 이루어져 있는 지역과 거리가 가까울수록 산불발생의 가능성이 높아진다는 결과와 일치하는 경향을 나타냈다.

2. 1990년대 순기변화에 따른 지역별 산불발생 특성

과거 1990년대의 산불발생패턴을 분석하기 위하여 산불발생위험성이 높은 건조계절(11~5월)의 순기변화에 따른 지역별 산불발생빈도를 분석한 결과, 봄·가을철 건조기에는 서울을 포함한 6개 광역시(부산, 울산 등)와 경북 안동·경주를 중심으로 50건 이상의 산불이 발생한 것으로 나타났다. 특히 영남 해안지역은 광범위하게 높은 산불발생빈도를 나타냈다(그림 4 (a)). 순기별 변화에 따른 10년간의 산불발생은 4월 초순>4월 중순>4월 하순>3월 하순 순으로 높게 나타났다. 4월

FIGURE 4. 연대별 산불발생빈도

초순에 산불발생빈도가 가장 높은 이유는 식목일·청명·한식에 성묘객이나 입산자의 실수로 인하여 산불발생이 가중된 것으로 판단된다. 봄철 건조기인 1월 초순부터는 부산과 울산을 중심으로 경남 해안지역에서 산불발생이 시작되면서 2월 초순부터는 발생지역이 경북 내륙지역으로 확대되는 양상을 보였으며, 전남의 남해안 지역에서는 북쪽으로 산불발생이 확대되었다. 3월 하순으로 접어들면서는 본격적으로 영남 지역(부산·울산)과 일부 강원 영서·경기 동부지역에서 산불발생빈도가 뚜렷하게 증가하면서 4월 초순에는 충청 내륙·경기 동부지역과 부산·울산 및 경북 해

안지역에서 높은 산불발생빈도를 보였다. 4월 중순에는 경북지역의 빈도가 줄어들면서 충청 내륙지역에서 5건 미만, 강원 영서 지역에서는 5~10건의 산불발생빈도를 나타냈다. 이러한 4월 중순의 산불발생빈도 이동 패턴은 원명수 등(2006)이 분석한 1971년부터 2000년까지의 30년 순 평균값 결과로 4월 중순에는 기온이 상승하여 중부내륙 이북지역은 여전히 건조하고 남부 해안지역의 상대습도는 점차적으로 높아져, 남부지역의 산불발생빈도가 서서히 감소하고 건조한 북부지역은 발생빈도가 증가한 것으로 판단된다. 4월 하순에는 충청 내륙지역과 영남 해안지역에서 집중

FIGURE 5. 1990년대 산불발생빈도

적으로 발생하던 산불이 강원 영서지역에 집중적으로 발생하면서 강원 내륙 등 북부지역으로 산불발생이 공간적으로 이동하는 경향을 보였다. 5월 초순에서 5월 중순으로 넘어가면서는 전국적인 봄철 산불발생이 1건 미만으로 줄어드는 양상을 나타내었다. 그리고 가을철 산불발생 건조기인 11월부터 12월까지는 대구·울산·부산에서만 5건 미만으로 낮은 산불발생빈도를 나타냈다(그림 5). 이상에서 1990년대 산불발생 특성을 고찰한 결과, 건조기인 봄철에는 2,832건(92%)으로 가을철 248건(8%)에 비하여 약 11배 이상이 봄철에 집중하여 동시다발적인 산불이 발생한 것으로 분석되었다.

3. 2000년대 순기변화에 따른 지역별 산불발생 특성

최근 10년 동안인 2000년대의 산불발생패턴 분석을 위하여 1990년대와 동일한 방법으로 건조계절(11~5월) 순기변화에 따른 지역별 산불발생빈도를 분석하였다. 봄·가을철 건조기에는 부산이 총 236건으로 전국에서 산불발생빈도가 가장 높은 것으로 분석되었고, 서울을 포함한 6개 광역시와 경북 안동·봉화·경주를 중심으로 70건 이상의 높은 산불발생빈도를 보였다(그림 4 (b)). 이렇게 대도시를 중심으로 산불발생빈도가 높은 것은 이병두 등(2011)이 분석한 인구밀도가 높은 도시 근교에서 하루 동안에 동시다발적으로 산

FIGURE 6. 2000년대 산불발생빈도

불이 일어날 확률이 보다 높다는 결과와 같다고 해석된다. 시기별에 따른 산불발생은 4월 초순에 850건으로 가장 높게 나타났으며 3월 하순>3월 중순>4월 중순 순으로 분석되었다(그림 6). 이러한 결과는 1990년대와 다르게 3월 중순과 하순 사이에 산불발생이 집중되었다는 것이다. 2000년대는 3월 중순부터 3월 하순 사이에 봄철(2~4월) 산불발생의 30%를 차지하였다. 2000년대의 시기 변화에 따른 산불발생의 공간변화가 1990년대와 마찬가지로 봄철 건조기인 1월 초순부터 부산과 울산을 중심으로 경남 해안지역에서 10건 이상의 산불발생이 시작되면서 2월 초순부터는 발생지역의 범위가 경북 해안지역으로 확대되는 양상을 보였으며 전남의 남해안 일부 지역에서도 높은 산불발생빈도를 나타냈다. 3월로 접어들면서 경북내륙과 대전을 중심으로 충청지역에 집중되어 발생하다가 4월 초순에는 한반도의 서쪽(경기, 충청, 호남)과 경북내륙을 중심으로 확대되어가는 양상을 보였다. 그러나 4월 중순 이후 대도시 지역과 강원 일부지역에서는 산불발생빈도가 5건 이하로 감소하는 추세를 나타냈다. 5월 초순부터는 전국적으로 빈번하게 발생했던 산불발생빈도가 낮아지면서 서울, 대전, 일부 강원 영서 및 경북 내륙지역을 제외한 나머지 지역이 1건 이하로 줄어드는 것으로 나타났다. 그리고 가을철 건조기인 11월부터 12월까지는 시기별 변화 패턴이 명확하지 않았으며, 서울·부산·울산에서는 3건 이상의 산불발생빈도를 나타냈고 그 외 지역은 1건 이하로 발생하는 것으로 나타났다. 2000년대에 들어 발생하는 산불은 봄철이 4,380건(91%)으로 가을철 486건(9%)보다 9배 가량 많은 것으로 나타났다. 이상의 분석 결과에 의하면 2000년대에 들어 발생하는 산불의 특성은 1990년대보다 영남 지역의 산불발생빈도가 더욱 가속화되었으며, 충청과 호남 내륙지역에서는 과거 10년(남북으로 양분)보다 꾸준히 증가하는 등 백두대간을 중심으로 동서로 양분되어 발생하는 경향을 보였다.

4. 1990년대와 2000년대의 시기변화에 따른 산불발생빈도 비교

1990년대 대비 2000년대의 건조계절을 대상으로 시기변화에 따른 지역별 산불발생빈도 변화를 비교한 결과, 2000년대의 산불발생빈도가 1990년대에 비하여 총 1,786건이 증가하였다. 또한 165개 시군 중 116 곳에서 산불이 증가하였으며 감소된 시군은 38곳으로 전체 시군의 약 70%가 2000년대에 증가한 것으로 분석되었다. 시군별 산불발생빈도의 최대 증가지역은 서울 134건, 대전 124건, 인천 120건, 울산 85건, 부산 84건 순으로 나타났으며, 최대 감소지역은 경기 포천 18건, 강원 횡성 16건, 경북 포항 15건 순으로 감소한 것으로 나타났다. 이렇게 산불발생이 증가하는 원인을 보면, 기후적인 측면에서 지구온난화와 동반된 한반도 평균 기온 증가에 따른 습도와 강수 및 강수일수의 감소이며(성미경 등, 2010), 사회적인 측면에서는 우리나라의 산불이 인위적인 요인으로 발생하기 때문에 산림면적이 적고 인구수가 많은 대도시 권역에서 산림 단위면적당 발생건수가 많다는 것이다(이병두와 이명보, 2009). 또한 산불발생빈도 변화 추세는 과거 18년 동안 수도권과 영남 지역에서 산불발생이 증가하였는데 이는 인구 집중으로 인한 대도시의 산불발생이 증가한다는 가능성을 제시한 것과 일치하는 경향을 나타내고 있다(성미경 등, 2010). 본 연구에서도 권역별 분석결과를 보면 인구가 밀집되어 있는 대도시 지역인 서울과 6개 광역시를 중심으로 산불발생빈도 변화량이 크게 증가하는 경향을 나타냈으며, 특히 경북·충북·전남 내륙에서 큰 증가율을 보였다(그림 4(c)). 시기별 산불발생빈도 변화는 3월 중순>4월 초순>3월 하순 순으로 증가한 것으로 분석되었으며 2000년대의 시기별 산불발생빈도 변화가 대도시 주변에서 크게 증가한 것으로 나타났다(표 1). 특히 집중적으로 발생하는 봄철인 3월 중순부터 4월 초순까지는 1990년대에 비하여 2000년대에 3배 이상 증가하였고 영남과 호남지역은 산불발생 시군의

TABLE 1. 1990년대 대비 2000년대의 지역별 산불발생빈도 변화

기간	지역 건수			최대 증가지역 및 건수	최대 감소지역 및 건수
	증가	무	감소		
1월 초순	42	110	13	부산 +15, 대구 +7	전남 고흥, 경북 의성 및 경주 -2
1월 중순	34	115	16	부산 +7, 울산 +4	대전 -5, 전남 순천 -1
1월 하순	34	97	34	인천 +8, 부산 +6	경남 밀양 및 마산, 전남 강진 -3
2월 초순	48	78	39	울산 +11, 인천 +8	경남 마산 -5, 전남 나주 -3
2월 중순	69	64	32	울산 +16, 부산 +14	전북 전주 -5, 강원 인제 -3
2월 하순	58	65	42	대구, 광주 +5	전북 남원 -6, 강원 원주 -4
3월 초순	56	58	51	대전 +9, 봉화 +8	부산, 전북 전주, 경남 양산 -5
3월 중순	101	41	23	서울, 대전 +21, 광주 +19건	강원 횡성 및 춘천 -5
3월 하순	99	40	26	대전 +27, 서울 +25	강원 홍천 -5, 강원 춘천 -4
4월 초순	101	33	31	대전 +27, 인천 +26	대구 -8, 경북 영덕 -6
4월 중순	52	51	62	울산 +14, 대전 +9	경북 포항, 경기 포천 -8
4월 하순	63	54	48	서울, 부산 +11	강원 홍천 -12, 경북 포항 -8
5월 초순	48	73	44	서울 +9, 전북 완주 +6	충남 금산 -4, 강원 영월 -3
5월 중순	33	122	10	서울 +9, 대전 +5	부산, 강원 철원 -1
5월 하순	43	113	9	강원 고성 및 양양 +2	경기 남양주 -2, 충남 예산 -1
11월 초순	28	118	19	경북 경주 +7	대구 -4, 강원 정선 -2
11월 중순	45	109	11	부산 +7, 인천 +6	전북 무안, 충북 괴산, 경남 마산 -2
11월 하순	37	119	9	서울 +6, 울산 +5	경남 마산 -2, 경남 양산 -1
12월 초순	25	125	15	서울 +7, 인천 +6	대구 -4, 경남 창원 -3
12월 중순	41	113	11	부산 +8, 강원 강릉 +6	경남 창녕 및 합천 -1
12월 하순	30	117	18	강원 강릉 +4, 대구 +3	강원 양양 -3, 강원 삼척 -2

공간적 분포 범위가 넓게 나타나는 것으로 분석되었다. 그리고 1990년대 대비 2000년대에는 건조계절의 산불발생빈도가 가장 많이 증가한 지역이 서울(134건)이었으며, 산불발생 위험도가 높은 봄철 3월 중순부터 5월 중순까지 2달 동안에 매 순기마다 높은 산불발생빈도 변화를 나타냈다. 순기별로 산불발생빈도 변화가 가장 큰 지역은 대전으로 3월 하순과 4월 중순에 27건의 증가를 보였다. 반면에 1990년대 4월에는 강원 영서지역에서 산불발생이 집중되었으나, 2000년대에는 강원 영서지역 중 홍천이 4월 하순에 12건으로 가장 큰 감소 경향을 보였다. 순기에 따른 시기별 산불발생빈도 변화를 보면, 2000년대는 1990년대에 비하여 2월 초순부터 영남과 강원 영동지역에서 증가하는 패턴을 보이다가 3월 중순부터는 전국적으로 산불발생빈도 변화량이 커졌다. 3월 하순으로 접어들면서는 강원 지역을 제외한 한반도 전역에서 증가하는 경향을 나타냈고 4월 초순에는 충청(대전 포

함)과 호남(광주 포함)지역을 중심으로 10건 이상이 증가하는 산불발생빈도 변화를 보였다. 4월 중순 이후에는 전국적으로 5건 이상 발생했던 산불이 1~3건 정도로 발생하는 감소 패턴을 나타냈다. 산불발생이 점차 감소하는 경향을 보이면서 5월 중순부터는 2000년대의 산불발생빈도 변화량이 1990년대와 비교하여 차이가 없어지는 것으로 나타났다(그림 7). 봄철에 비하여 산불발생빈도가 낮은 가을철에는 전반적으로 산불발생빈도의 증감 변화량 차이가 없는 것으로 나타났으나 12월 중순부터 하순까지 강원 강릉과 영남 해안지역에서 산불발생빈도가 약 3건 이상 증가하기도 하였다.

결론

본 연구에서는 산림청의 공식적인 산불발생 통계가 시작되는 1991년부터 2009년까지의 우리나라 봄·가을철 건조계절에 발생한 산불 발생위치 공간자료를 10년 단위로 나누어 순

FIGURE 7. 1990년대 대비 2000년대 산불발생빈도 변화

기 및 지역별에 따른 시공간적인 산불발생빈도 분석을 실시하였다. 그리고 1990년대와 2000년대의 순기별 산불발생빈도 분석결과를 바탕으로 1990년대 대비 2000년대의 순기 및 지역별 산불발생빈도의 변화량을 비교·분석하였다. 19년간 발생한 건조기의 산불발생빈도 결과는 주로 서울과 6개 광역시(인천, 대전, 광주, 대구, 울산, 부산)로 인구가 밀집한 대도시의 근교 시군을 중심으로 4월 초순에 가장 높게 나타났다. 지역별로는 부산이 388건으로 가장 높았고, 권역별로는 한반도를 기준으로 동쪽에 위치한 경북 지역이 1,274

건으로 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 강원 지역이 910건으로 나타났다. 반면에 경기·충청·호남 지역에서는 전반적으로 낮은 산불발생빈도를 나타냈다. 또한 서해안의 일부 시군에서는 1건 이하로 가장 낮은 산불발생빈도를 나타내기도 하였다. 이러한 결과를 10년 단위로 나누어 비교·분석한 결과, 1990년대와 2000년대에는 4월 초순에 동일하게 가장 높은 산불발생빈도를 나타냈다. 1990년대의 지역별 발생 특성은 영남 해안지역을 중심으로 광범위하게 높은 산불발생빈도를 보였고 봄철은 2,832건(92%), 가을철에는 248건(8%)으

로 약 11배 이상이 봄철에 집중적으로 발생한 것으로 분석되었다. 2000년대에는 부산이 총 236건으로 전국에서 가장 높은 산불발생빈도를 나타냈고, 지역별로는 1990년대와 비슷하게 영남 해안지역을 중심으로 발생하는 패턴을 보였으나, 1990년대에 비해 산불발생빈도가 더욱 가속화되면서 경북내륙지역까지 확대되어 광범위하게 발생하는 경향을 나타냈다. 1990년대 대비 2000년대에는 총 1,786건이 증가하면서 서울이 134건으로 가장 높은 산불발생빈도 증가량을 나타내었다. 그리고 순기별에 따른 산불발생빈도 변화는 3월 중순에 가장 많이 증가하였고 3월 중순부터 4월 초순까지는 1990년대에 비하여 2000년대에 3배 이상 증가한 것으로 나타났다. 이는 선행 연구들과 같이 지구온난화로 한반도 평균 기온 증가에 따른 습도와 강수 및 강수일수가 감소하면서 영·호남 지역의 농경활동(논밭두렁 소각, 농산폐기물 소각) 및 입산자의 부주의한 산불로 증가한 경향을 보였다고 사료된다. 지역별 산불발생빈도 변화는 가장 많이 증가한 지역이 서울이었지만, 순기별로 나누어 보면 대전을 중심으로 충청 내륙과 호남 지역 그리고 인천이 높게 나타나는 경향을 보였다. 따라서 구축된 과거 산불발생위치정보를 이용하여 시기변화에 따른 지역별 산불의 시공간 분석을 함으로써 산불발생 변화 및 이동 패턴을 예측하는데 산불예방 분야에서 활용이 가능할 것으로 판단된다. **KAGIS**

주

- 1) 공간 내삽법에는 IDW, Kriging, Spline 등 다양한 방법이 있다. 본 논문에서는 시간 경과에 따른 지역별 산불발생 패턴을 광의적 개념으로 해석하는데 있다. 따라서 자연과 인문·사회적 현상을 해석하는데 있어 임의의 가중치를 적용하여 분석하는 Spline과 Kriging 기법은 본 논문의 목적상 다른 결과를 낼 수 있으므로 타당하지 않다고 판단된다.

참고문헌

- 곽한빈, 이우균, 이시영, 원명수, 구교상, 이병두, 이명보. 2010. 우리나라 산불 발생의 원인별 공간적 특성 분석. 한국임학회지 99(3):259-266.
- 곽한빈, 이우균, 이시영, 원명수, 이명보, 구교상. 2008. 산불발생 분포와 지형, 지리, 기상 인자간의 관계 분석. GIS 2008 공동춘계학술대회 논문지. 465-470쪽.
- 산림청. 2009. 산불통계연보. 182쪽.
- 성미경, 임규호, 최은호, 이윤영, 원명수, 구교상. 2010. 기후변화에 따른 한반도 산불 발생의 시공간적 변화 경향. 한국기상학회지 20(1):27-35.
- 안상현, 이시영, 원명수, 이명보, 신영철. 2004. 공간분석에 의한 산불발생확률모형 개발 및 위험지도 작성. 한국지리정보학회지 7(4): 57-64.
- 원명수, 구교상. 2011. 산불발생위치정보 웹 서비스 시스템 개발(산림조합중앙회편 '월간 산림 2월호', 79-81쪽). 산림조합중앙회, 서울.
- 원명수, 구교상, 이명보. 2006. 우리나라의 봄철 순평년 온습도 변화에 따른 산불발생위험성 분석. 한국농림기상학회지 8(4):250-259.
- 이병두, 이명보. 2009. 1991년부터 2007년까지 산불의 공간적 특성. 한국화재소방학회지 23(1):15-20.
- 이병두, 이요한, 이명보, Albers, H.J. 2011. 한국 산불 발생에 대한 확률 시뮬레이션 모델 개발. 한국임학회지 100(1):70-78.
- 이시영, 안상현, 원명수, 이명보, 임태규, 신영철. 2004. GIS를 이용한 산불발생위험지역 구분. 한국지리정보학회지 7(2):37-46.
- 이시영, 이해평. 2006. 한국의 산불발생 실태

- 분석. 한국화재소방학회지 20(2):54-63.
- Chuvieco, E. and J. Salas. 1996. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 10(3):333-345.
- Hessburg, P.F., R.B. Salter and K.M. James. 2007. Re-examining fire severity relations in pre-management era mixed conifer forests: inferences from landscape patterns of forest structure. *Landscape Ecology* 22(1):5-24.
- Kasischke, E.S., D. Williams and D. Barry. 2002. Analysis of the patterns of large fires in the boreal forest region of Alaska. *International Journal of Wildland Fire* 11(2):131-144.
- Lentile, L.B., Z.A. Holden, A.M.S. Smith, M.J. Falkowski, A.T. Hudak, P. Morgan, S.A. Lewis, P.E. Gessler and N.C. Benson. 2006. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire* 15(3):319-345.
- Pew, K.L. and C.P.S. Larsen. 2001. GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada. *Forest Ecology and Management* 140(1):1-18.
- Shepard, D. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data, *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference*. New York, NY, USA, pp.517-524.
- Ware, C., W. Knight and D. Wells. 1991. Memory intensive statistical algorithms for multibeam bathymetric data. *Computers & Geosciences* 17(7): 985-993. **KAGIS**