2000~2008년 봄철 황사와 산불발생의 관계 분석

원명수¹ · 윤석희^{1*} · 이우균²

¹국립산림과학원 산림방재연구과, ²고려대학교 환경생태공학과
(2011년 3월 18일 접수; 2011년 8월 16일 수정; 2011년 9월 30일 수락)

A Study on the Correlation between Forest Fire Occurrence and Asian Dust during the Spring Season from 2000 to 2008

Myoung Soo Won¹, Suk Hee Yoon^{1*} and Woo Kyun Lee²

¹Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute, 57, Hoegiro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712, Korea

²Faculty of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University-Seoul, 1 Anam-dong 5-ga, Sungbuk-gu, Seoul, 136-701, Korea

(Received March 18, 2011; Revised August 16, 2011; Accepted September 30, 2011)

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the patterns of forest fire possibly related with Asian dust event and carry out a correlation analysis between forest fire occurrence and existence or not of the Asian dust event during dry seasons i.e. February to May in 2000 to 2008. To study the correlation of forest fire and Asian dust, we surveyed information of Asian dust observations, forest fire statistics, fire danger rating index, weather data such as temperature, relative humidity and wind speed of the day occurring the forest fire. As a consequence of analysis, the regional frequency of Asian dust was the highest in Gyeonggi and Chungbuk divisions. Frequencies of forest fire occurrence by the Asian dust events were the highest in the day before three days of the Asian dust event. The highest frequent regions of forest fire occurrence were district of boundary line between Gyeonggi and Western of Gangwon, Chungbuk and Gyeonbuk inland. The correlation between forest fire and fire danger rating index showed the high correlation with the day before three days and after three days of the Asian dust event. These correlation coefficients were 0.50038 and 0.53978 to 1% significance level. The result of analysis between the frequency of forest fire occurrence and wind speed had a highly negative relationship at all the Asian dust days, the day before and after three days. The correlation coefficients had been -0.58623 to -0.61245 to 1% significance level. Relative humidity showed a little of negative relationship with forest fire occurrence in -0.2568($p \leq 0.01$) for the Asian dust day and -0.35309($p \leq 0.01$) for next three days. Moreover, at the day before three days of Asian dust events, it was -0.23701 to 1% significance level. However, the mean temperature did not correlate with frequency of forest fire occurrence by Asian dust events at all.

Key words : Forest fire, Asian dust, Fire danger rating index, Wind speed, Relative humidity, Temperature

I. 서 론

오늘날 지구온난화(Global warming)로 인한 기온상승은 토양의 수분증발과 지표면 건조를 가속화하여 중

국과 몽골 사막화 지역에서의 황사발생빈도를 증가시키는 원인이 되고 있다. 사막화(Desertification)의 주요 원인은 크게 기후로 인한 자연적 원인, 인류활동에 의한 인위적인 원인, 그리고 기후와 인류활동이 공동

* Corresponding Author : Suk Hee Yoon
(tree007tree@hanmail.net)

으로 작용한 복합원인의 세 가지로 나눌 수 있다. 2000년대에 들어서면서 중국도 사막화 방지를 위해 많은 투자를 실시하고 있다. 사막화의 피해가 심각한 중국 서북지역의 경우, 지역 주민들의 사막화에 대한 인식 부족으로 과도한 경지개간 및 과도한 방목이 반복되면서 중국의 농업 및 목축산업 관리의 어려움으로 이어지고 있으며, 무분별한 수자원관리로 인한 토양 알칼리화 등 사막지역 생태계와 경제산업의 악순환이 반복되고 있다(Zhang, 2007). 중국의 북부지대와 몽골 지역에서는 장기간 동안 기상관측소에서 황사관측과 분석을 통하여 황사발생에 대한 장기적인 황사의 경향과 계절적인 변화에 대한 연구가 진행되었다(Zhang, 1984; Qian *et al.*, 2002; Sun *et al.*, 2003; Natsagdorj *et al.*, 2003; Gao *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2005; Hara *et al.*, 2006). Kim(2008)은 지난 40년간(1965~2004) 우리나라에서 관측된 황사의 이동경로와 황사 발원지의 장기간 변화에 대한 연구를 진행하였다. 국내외적으로 기후변화 현상과 맞물려 아시아 대륙의 황사발원지의 확장(사막화)은 결코 남의 나라 일만은 아닌 상황이 되어버렸다. 뿐만 아니라 황사는 자연적으로 발생하는 대표적인 오염물질로서 한 번 발생하면 수 백에서 수 천 킬로미터까지 장거리로 이동하여 풍하층의 대기 환경에 큰 영향을 주기도 한다(Chung, 1986). IPCC(1995)에 따르면 대기 중에 떠 있는 미세입자들은 지구의 기후변화에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 매년 봄철에 우리나라를 찾아오는 황사(Yellow sand or Asian Dust)는 주로 중국 북부의 사막 지대에서 바람에 의하여 하늘 높이 불어 올라간 무수의 모래먼지들이 대기 중에 퍼져서 하늘을 덮었다가 서서히 강하한다(Kim, 1992). 이러한 황사현상에 대한 관측이 우리나라에서는 2000년부터 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 봄철(2000~2002년)에는 극심한 황사현상이 관측되었는데 이는 기후적인 원인과 관련이 있다고 보고되었다(Kim, 2008). 그리고 황사와 산불 등에 의하여 생기는 에어로졸은 음의 복사강제력을 가지며 이 값은 온실 기체에 의한 양의 복사강제력을 상쇄시킬 수 있을 정도이고 충분히 더 클 수 있으므로 기후후적인 측면에서도 매우 중요하기도 하다(IPCC, 1995). 2003년도에는 황사발원지에 강설 등의 원인으로 감소하였다가 다시 증가하는 추세를 보이고 있다. Kim(2008)에 따르면 1965년에서 2004년까지 약 87%가 봄철에 주로 발생하였으며, 1980년대 이후로

끊임없이 황사의 발생빈도가 증가되고 있다고 한다. 뿐만 아니라 황사가 우리나라 대기환경에 영향을 끼치는 것으로 여겨져 왔던 것이 이제는 겨울철에도 발생하는 사례도 늘어나고 있다. 우리나라에서는 '80년대의 연간 황사 발생일수(서울)가 평균 3.9일이었으나 '90년대에는 7.7일, 2000년 이후에는 12.4일로 증가하였다(Kim *et al.*, 2007). 2000년 이후로 봄철의 황사 발생이 증가하면서 산불 발생 또한 1990년대에 비하여 크게 증가하였다. 특히 2001년에 785건으로 가장 많이 발생하였고 2월부터 5월까지 651건으로 봄철의 산불발생 비율이 약 82%를 차지하였다. 이는 봄철이 다른 계절보다 강우량이 적고 맑은 날이 많아 상대습도가 가장 낮은 시기이면서 산림내의 건조한 낙엽이 많이 쌓여 어느 시기보다도 위험한 상태이기 때문이다(Lee *et al.*, 2004; Won *et al.*, 2006). 2002년 이후로는 연도별 봄철 산불발생건수와 비율이 점차 줄어들고 있는 것으로 나타나고 있다(Korea Forest Service, 2008). 이는 우리나라 산불의 대부분이 사람들의 부주의에 의해서 발생하기 때문에 봄철 황사발생 빈도와 농도의 증가 현상이 인간들의 야외활동에 영향을 미쳐 산불발생이 다소 감소한 것으로 추측된다.

따라서 본 연구에서는 산불위험성이 높은 봄철에 황사 유무에 의해 발생하는 산불의 상관관계를 알아보고 황사로 인한 산불발생 패턴을 파악하고자 하였다.

II. 자료 및 방법

2.1. 분석자료

봄철 황사와 산불발생과의 상관관계를 구명하기 위하여 황사관측정보, 산불통계, 산불발생 당시의 산불위험지수와 산불발생지역의 기온, 습도, 풍속 등 3요소에 대한 기상자료를 조사하였다. 황사관측자료는 기상청 황사센터에서 관측한 2000년부터 2008년까지의 봄철(2-5월) 황사관측 일수를 대상으로 하였으며, 황사를 관측하는 37개 기상관측소에 대한 일자별 황사관측 정보를 수집하였다. 본 논문에서 활용한 37개 황사관측 지점은 Table 1과 같다. 기상청의 황사정보는 1시간 평균 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 미세먼지 농도가 2시간 이상 지속될 때를 의미하며, 황사주의보와 황사경보의 발령 기준은 1시간 평균 미세먼지 농도가 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $800\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 2시간 이상 지속될 것으로 예상될 때 발효된다(<http://www.kma.go.kr/weather/asiandust/observday.jsp>).

Table 1. 37 observatory stations for monitoring Asian Dust (Korean Meteorological Administration)

Regions	Weather stations	n
Chungbuk	Cheongju, Chungju, Chupungnyeong	3
Chungnam	Daejeon, Seosan	2
Gangwon	Gangneung, Daegwallyeong, Sokcho, Donghae, Cheolwon, Chuncheon, Wonju, Yeongwol	8
Gyeonggi	Seoul, Incheon, Suwon, Ganghwa, Dongducheon	5
Gyeongbuk	Daegu, Ulsan, Andong, Pohang	4
Gyeongnam	Busan, Ulsan, Masan, Tongyeong, Jinju	5
Jeonbuk	Gunsan, Jeonju	2
Jeonnam	Gwangju, Mokpo, Yeosu, Wando, Suncheon	5
Jeju	Jeju, Gosan, Seogwipo	3

권역별 산불통계자료(Korea Forest Service, 2008)는 산불발생이 많은 봄철 건조기(2-5월)를 중심으로 2000년부터 2008년까지의 자료를 이용하였다. 구축한 DB를 이용하여 황사가 관측되었던 날과 황사가 관측되지 않았던 날에 대한 9개 권역의 일자별 산불발생건수를 구분하였다. 분석을 위해 구분한 9개 권역은 경기, 강원 영서, 강원 영동, 충북, 충남, 전북, 전남(제주 포함), 경북, 경남이다.

산불은 기상과 밀접한 관련이 있으며 산불발생에 영향을 미치는 기상인자로는 기온, 습도, 풍속 및 강수량 등이 있다(Van Wagner, 1987). 따라서 일자별로 황사가 있었던 날과 없었던 날에 발생한 산불을 분류하여 산불 발화지의 기온, 상대습도, 풍속 3요소에 대한 기상자료를 수집하여 황사가 있던 날과 없던 날의 산불발생 패턴을 비교하였다.

황사가 있던 날과 없던 날의 지역별 산불위험도를 파악하기 위해 국립산림과학원에서 개발한 산불위험예보시스템(Ministry of Education, Science and Technology, 2003)의 산불발생확률을 의미하는 산불위험지수를 분석에 활용하였다. 황사와 산불발생위험의 상관분석을 위해 수집한 자료는 2004년부터 2008년까지로 제한하였다. 산불위험지수는 각 지역별 지형 조건, 산림의 상황과 온도, 습도, 풍속, 강수량 등 기상조건을 분석하여 산불위험도가 높은 지역을 1부터 100까지의 산불발생확률을 수치화 한 것이다(Lee *et al.*, 2004, 2006).

2.2. 황사 영향 권역 설정

우리나라의 황사발생 일수는 80년대 평균 3.9일, 90년대 평균 7.7일, 2000년대 이후는 평균 12.4일이 관측되어 점차 증가 추세에 있다(http://www.konetic.or.kr/). 황

Fig. 1. Frequency of monthly average Asian dust occurrence days (2000 to 2008 yr).

사는 보통 발원지에서 오는 먼지의 30% 정도는 그대로 발원지에 떨어지고, 20% 정도는 주변지역에, 나머지 50% 정도는 한반도를 비롯하여 멀리까지 이동하는 것으로 보고되고 있다(Ministry of Environment, 2008). 이에 따라 봄철 건조기 동안 우리나라에 미치는 황사발생은 지역적으로 다르게 나타나는 경향을 보이고 있다. 이러한 지역별 황사발생의 다변화는 인간 활동에 영향을 미치게 되어 산불발생과 밀접한 관계를 가질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 37개 황사관측지점의 황사관측일 자료를 이용하여 봄철 황사가 미치는 영향권역을 분류한 후 권역별 산불발생빈도와와의 관계를 분석하였다. 제주도는 2000년 이후 산불발생건수가 1건에 불과하여 전남권역에 포함하여 권역을 설정하였다(Fig. 2).

2.3. 분석방법

봄철 황사와 산불발생의 관계분석을 위해 황사가 관측된 기상관측소를 기준으로 황사 영향 권역을 설정하였다. 구축한 2000년부터 2008년까지 9년간 지역별 황사정보와 산불발생 현황자료를 권역별로 구

Fig. 2. Division of nine regions effecting Asian dust.

분하여 황사가 있던 날과 없던 날의 시군단위 산불 발생 변화를 비교하였다. 황사가 없었던 날은 황사가 있었던 날을 기준으로 하여 전후 3일 간의 산불발생빈도를 조사하였다. 또한 황사일과 황사 전후 3일간의 온도, 습도, 풍속 3요소에 대한 기상특성을 분석하여 산불발생과의 상관관계 구명에 활용하였으며, 기상에 의한 산불위험도를 산출하여 산불발생위

험확률을 평가하였다. 산불위험지수의 평가는 Lee *et al.*(2004)이 한국농림기상학회지 제6권 4호 ‘기상특성을 이용한 전국 산불발생확률모형 개발’ 논문에서 제시한 권역별 산불발생추정모형을 적용하여 산출하였다. 황사일과 황사 전후 3일간 발생한 산불의 기상특성을 분석하기 위해 과거 9년 동안 전국 158개 시군에서 발생한 산불 당시의 온도, 풍속, 상대습도에 대한 기상자료를 분석에 활용하였다. 산불발화지의 기상자료는 인근 76개 기상관측소의 기상자료를 이용하였다. 구축된 자료를 이용하여 행정구역별 폴리곤 및 포인트 정보와 결합하여 황사일과 황사 전후 3일간의 산불발생 빈도에 대한 공간분석을 실시하였다. 황사일과 황사 전후 3일간의 산불발생 분포는 1km×1km 공간해상도로 작성하였다. 산불발생의 공간특성과 기상해석 등 목적에 따라 선택적으로 적용할 수 있는데 본 논문에서는 가장 일반적으로 사용하는 거리역산가중(IDW)법을 이용하였으며 공간분석은 ArcGIS 9.2를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 황사에 따른 산불발생 특성

2000년부터 2008년까지 우리나라에서 매년 발생하는 2월에서 5월까지의 봄철 황사일수는 평균 9일 정

Fig. 3. Frequency matrix except Asian dust day(47 days) observed across the country (February-May, 2000 to 2008). Ganghwa, Jeju, Gosan, Seogwipp of the 37 national Asian dust observatories was excluded frequency analysis.

Fig. 4. Forest fire frequency between Asian dust days and non-Asian dust days during spring season (Feb. to May) from 2000 to 2008.

도였으며 대부분 3월과 4월에 빈번하게 발생하였다. 권역별로 다소 차이가 있지만 9년간 총 78일의 황사가 발생하였다(Fig. 1). 이 중 60%인 47일에 해당하는 강한 황사가 전국적으로 영향을 미친 것으로 나타났다. 연도별로는 2001년에 15일로 가장 많았으며, 2003년과 2008년은 1일로 가장 적었다(Fig. 4).

Fig. 4에서 보듯이 산불은 황사가 관측된 날보다 황사가 발생하기 전이나 발생 후에 산불발생빈도가 높은 경향을 보였고 미세먼지 농도 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 황사가 3월과 4월에 가장 빈번하게 발생하였다.

권역별로는 경기와 충북권역이 황사발생빈도가 가장 높게 나타났으며, 경남권역은 지리적인 위치로 인해 발생빈도가 가장 적은 것으로 나타났다(Fig. 5, Fig. 6). 전남권역에 포함된 제주도는 2월부터 5월까지 9년

Fig. 5. The regional Asian dust days during the spring season (Feb. to May) from 2000 to 2008.

동안에 8건(황사가 있던 날 1건; 2008년, 황사가 없었던 날 7건)의 산불만 발생하였다.

황사발생 당일과 황사발생 전후 3일간의 지역별 산

Fig. 6. The comparison of average monthly forest fire occurrence by region during the spring season, 2000 to 2008.

Fig. 7. The distribution of forest fires by regions (before 3 days, Asian dust day, after 3 days).

불발생 특성을 보면 황사가 발생하기 3일 전에 가장 높은 산불발생빈도를 보이다가 황사가 관측된 당일에 가장 낮은 산불발생빈도를 나타냈다(Fig. 7). 황사발생 3일 전 지역별 발생빈도를 보면 경기와 강원 시군경계 근접 지역과 충청 및 경북 내륙을 중심으로 5건 이상의 높은 발생빈도를 보였고 경남지역은 2건 이하로 가장 낮은 발생빈도를 보였다. 황사가 관측된 시기에는 3일 전에 비해 일부 광역도시를 제외하고 발생빈도가 현저하게 감소한 것으로 나타났다. 이는 황사로 인해 사람들의 외부 활동에 다소 영향을 미친 것으로 판단된다. 황사발생이 지난 3일 뒤에는 황사 3일 전과 비슷한 지역별 발생 패턴을 보였고 황사관측 3일전에 비하여 5건 이상의 산불이 발생한 시군의 수는 감소한 것으로 분석되었다. 따라서 황사가 있었던 날과 없던 날의 산불발생 패턴과 비교해 볼 때 황사일의 지역별 산불발생빈도가 현저하게 줄어드는 경향을 보인 것이 특징이었다.

3.2. 황사일과 황사 전후 3일간의 산불발생과 산불위험도와의 관계

황사일과 황사 전후 3일간의 산불발생과 산불위험도와의 관계를 분석하기 위해 2004년부터 2008년까지의 봄철(2~5월) 산불위험지수(Forest fire danger rating index)를 산출하여 황사 유무에 따른 산불위험도와 산불발생 빈도를 비교하였다(Fig. 8). 산불위험도는 산불발생 당시의 산불위험지수를 의미하며 황사 유무에 따른 기상변화로 인해 산불위험도와 산불발생빈도는 달라질 수 있다.

황사유무에 따른 산불위험지수와 산불발생 비율을 분석한 결과 황사가 있던 날에 50이하의 낮은 위험도에서 산불발생 비율이 높았으며 황사 전후 3일 동안

Fig. 8. The comparison of average forest fire danger rating between Asian dust and non-Asian dust days during spring season, 2004 to 2008.

에는 발생비율이 크게 낮았다. 하지만 위험도가 높은 61이상부터는 황사일의 산불발생 변화폭이 황사 전후 3일보다 낮았으며, 위험도가 매우 높은 86 이상에서는 산불이 전혀 발생하지 않은 것으로 나타났다.

황사일과 전후 3일간의 산불발생과 위험지수의 관계를 알아보기 위해 상관분석을 실시한 결과, 황사일 3일전과 3일 후의 상관계수는 각각 0.50038과 0.53978로 1%(p0.01) 유의수준에서 상관이 있는 반면 황사일에 발생한 산불과 위험지수는 전혀 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이는 기온, 실효습도, 풍속 요소를 반영하여 산출되는 산불위험지수가 높더라도 황사현상이 인간활동에 제약을 주는 영향 요인으로 작용되어 산불발생이 낮아지는 것으로 판단해 볼 수 있다. 다시 말하면 황사가 없었던 날에는 산불위험도가 높은 구간에서 산불발생 변화폭이 뚜렷하게 증가하는 경향을 보인 반면 황사가 있던 날에는 산불위험도와 상관없이 산불이 발생하는 경향을 보였다. 황사와 산불위험도의 상관분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. The correlation of fire danger rating between Asian dust and non-Asian dust days during the spring season from 2004 to 2008

Variables	Division	Correlation coefficient	P-value
Fire danger rating	For 3 days before	0.50038**	9.91E-08
	Asian dust	0.12816	0.20153
	For 3 days after	0.53978**	5.71E-09

**significant at 1% level

3.3. 황사일과 황사 전후 3일간의 산불발생과 기상 특성

황사일과 황사 전후 3일간의 산불발생에 따른 기상 특성을 분석한 결과 풍속은 1~5m/s, 기온은 8~19, 상대습도는 30~60% 구간에서 산불발생 빈도가 높은 것으로 나타났다. Kim and Lee(2010)에 의하면 일반적으로 담뱃불에 의한 산불발생의 풍속 조건이 2m/s 이상이면서 낙엽의 수분 함유량이 15% 미만인 경우에 발화조건이 최적화 된다고 정의하였으며, KFRI(2011)는 2000년부터 2008년까지의 산불발생위치 기상정보를 분석한 결과 산불발생시 평균 풍속이 약 3.4m/s이었다. 특히 황사일에 발생한 산불은 5~6m/s 조건에서 황사 전후 3일보다 산불발생 빈도가 높았으며, 황사 후 3일보다는 3일전에 산불발생 빈도가 더 많은 것으로 나타났다(Fig. 9). 황사일과 황사 전후 3일의 기온에 의한 산불발생 특성은 9~15 구간에서 황사일의 산불발생 비율이 증가하는 경향이였으며 황사 3일전보다는 3일 후의 산불발생 비율이 높은 것으로 나타났다(Fig. 10). 이는 황사가 발생하기 전에 언론이나 대중매체를 통하여 대국민 홍보를 함에 따라 외부 활동을 자제하게 되고(<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=214&aid=0000098273>),

Fig. 9. The comparison of wind speed between Asian dust and non-Asian dust days during the spring season from 2000 to 2008.

황사가 지나간 후에는 다시 야외활동이 증가되면서 산불발생 비율이 증가하는 것으로 사료된다. 황사일과 황사 전후 3일간의 상대습도 변화에 의한 산불발생 특성은 15~35% 구간에서는 황사 후 3일이 황사 전 3일과 황사일보다 산불발생 비율이 높았으나 35~60% 구간에서는 황사일의 산불발생 비율이 상대적으로 증가하여 황사 전후 3일보다 발생비율이 높은 경향을 보였다(Fig. 11).

봄철 황사현상과 기상조건에 따라 달라지는 산불발생 특성을 파악하기 위해 기온, 습도, 풍속 3개 요소

Fig. 10. The comparison of mean temperature between Asian dust and non-Asian dust days during the spring season from 2000 to 2008. **Fig. 11.** The comparison of mean temperature between Asian dust and non-Asian dust days during the spring season from 2000 to 2008.

Table 3. The correlation of weather variables between Asian dust and non-Asian dust days during the spring season from 2000 to 2008

Variables	Division	Correlation coefficient	P-value
Mean temperature	For 3 days before	0.00871	0.95747
	Asian dust	-0.08388	0.60684
	For 3 days after	-0.08323	0.60963
Wind speed	For 3 days before	-0.58623**	0.00522
	Asian dust	-0.61953**	0.00274
	For 3 days after	-0.61245**	0.00316
Relative humidity	For 3 days before	-0.23701*	0.01702
	Asian dust	-0.2568**	0.00953
	For 3 days after	-0.35309**	0.00029

**significant at 1% level, *significant at 5% level

에 대해서 상관관계를 분석한 결과 황사일과 전후 3 일간의 평균기온과의 상관관계는 세 그룹 모두에서 전혀 상관이 없는 것으로 나타났다. 풍속의 경우 황사일, 황사 3일전, 황사 3일 후의 상관계수가 각 -0.61953, -0.58623, -0.61245으로 모두 1%($p \leq 0.01$) 유의수준에서 상관이 있었다. 상대습도는 황사일과 황사 3일 후의 상관계수가 -0.2568, -0.35309으로 1%($p \leq 0.01$) 내에서 유의성이 있는 것으로 나타났으나 황사일 3일전 은 -0.23701로 5%($p \leq 0.05$) 유의수준에서 상관이 있는 것으로 나타났다.

적 요

산불발생 위험성이 높은 봄철(2~5월)을 대상으로 2000년부터 2008년까지의 한반도 황사 관측 유무에 따른 산불발생과의 상관관계를 알아보고 황사로 인한 산불발생 패턴을 파악하기 위하여 9개의 황사 영향 권역을 설정한 후 황사가 관측된 날과 황사가 관측되지 않았던 전·후 3일에 대한 지역별 자료를 ArcGIS 9.2에서 1km×1km 공간 해상도로 거리역산가중(IDW) 분석을 실시하였다. 그리고 산불발화지 인근 기상관측 소의 기온, 상대습도, 풍속 자료는 황사가 있던 날과 없던 전·후 3일에 대한 산불발생패턴을 파악하고 황사와 산불발생위험의 상관분석을 실시하였다. 2000~2008년 황사 관측은 3월에 36회, 4월에 30회 순으로 발생하였고, 권역별로는 황사빈도가 경기와 충북 권역에서 가장 높게 나타났다. 황사관측 유무에 따른 지역별 산불발생빈도는 황사 3일 전이 가장 높게 나타났으며, 경기와 강원 영서 권역이 경계한 인접지역과 충청 및

경북 내륙에서 가장 높게 나타났다. 반대로 경남 권역은 2건 이하로 가장 낮은 산불발생빈도를 보였다. 황사관측 유무에 따른 산불발생과 위험지수의 상관관계는 황사 전·후 3일에만 상관계수(R^2)가 0.50038과 0.53978로 1% 유의수준에서 상관하는 것으로 나타났다. 그러나 황사가 관측된 날에는 서로 상관하지 않는 것으로 나타났다. 산불발생빈도와 기상과의 관계를 분석한 결과는 황사관측 유무 모두에서 풍속이 산불발생과 1% 유의수준에 -0.58623 ~ -0.61245로 상관이 높은 것으로 나타났다. 또한 상대습도는 황사관측 일과 3일 후에 -0.2568, -0.35309($p \leq 0.01$)로 유의한 것으로 나타났으며, 황사3일 전은 -0.23701($p \leq 0.05$)의 상관을 보였다. 그러나 평균기온은 황사관측 유무에 따라 산불발생이 전혀 상관하지 않았다. 따라서 우리나라 산불의 대부분은 인위적으로 발생하기 때문에 지역별로 황사 관측 유무에 따라 야외활동의 증감이 산불발생에 영향을 주는 것으로 판단되며, 기상 요소 중에서 평균 풍속은 황사 관측과 무관하게 산불발생에 가장 큰 영향을 주었다.

REFERENCES

- Chung, Y. S., 1986: Air pollution detection by satellite. The transport and deposition of air pollutants over oceans. *Atmospheric Environment* **20**, 617-630.
- Gao, T., X. Yu, Q. Ma, H. Li, X. Li, and Y. Si, 2003: Climatology and trends of the temporal and spatial distribution of sandstorms in Inner Mongolia. *Water, Air and Soil Pollution Focus* **3**(2), 51-60.
- Hara, Y., I. Uno, and Z. Wang, 2006: Long-term variation of Asian dust and related climate factors. *Atmospheric*

- Environment* **40**(35), 6730-6740.
- IPCC, 1995: Climate Change 1995, Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 562pp.
- Kim, D. H. and M. B. Lee, 2010: Study on the ignition of fallen leaves by a cigarette butt. *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering* **24**(5), 39-49. (in Korean with English abstract)
- Kim, J., 2008: Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965-2004). *Atmospheric Environment* **42**, 4778-4789.
- Kim, J. S. and D. H. Doh, 2007: Countermeasures on yellow dust problem. *The Korean Society of Visualization* **5**(2), 3-8. (in Korean with English abstract)
- Kim, G. S., 1992: *Encyclopedia of meteorology*(Korean Edition). Hyang Moon Publ., 735pp.
- Korea Forest Research Institute, 2011: *Annual report of forest research in 2010-Forest conservation*, 206-209.
- Korea Forest Service, 2008: Statistical yearbook of forest fire, 201pp.
- Lee, S. Y., S. Y. Han, M. S. Won, S. H. An, and M. B. Lee, 2004: Developing of forest fire occurrence probability model by using the meteorological characteristics in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**(4), 242-249. (in Korean with English abstract)
- Lee, S. Y., M. S. Won, and S. Y. Han, 2005: Developing of forest fire occurrence danger index using fuel and topographical characteristics on the condition of ignition point in Korea. *T. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng.* **19**(4), 75-79. (in Korean with English abstract)
- Liu, B., M. Xu, M. Henderson, and Y. Qi, 2005: Observed trends of precipitation amount, frequency, and intensity in China, 1960-2000. *Journal of Geophysical Research* **110**, D08103.
- Ministry of Education, Science and Technology, 2003: Report of natural hazard prevention research. Development of forest fire behavior prediction and monitoring techniques, 371pp.
- Ministry of Environment, 2008: A comprehensive counterplan for protection against the Asian dust. 83pp.
- Natsagdorj, L., D. Jugder, and Y. S. Chung, 2003: Analysis of duststorms observed in Mongolia during 1937-1999. *Atmospheric Environment* **37**, 1401-1411.
- Qian, W., L. Quan, and S. Shi, 2002: Variations of the dust storm in China and its climatic control. *Journal of Climate* **15**(10), 1216-1229.
- Sun, L., X. Zhou, J. Lu, Y. P. Kim, and Y. S. Chung, 2003: Climatology, trend analysis and prediction of sandstorms and their associated dustfall in China. *Water, Air and Soil Pollution Focus* **3**(2), 41-50.
- Van Wagner, C. E., 1987: Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forest Service. Petawawa National Forestry Institute. Chalk River Ontario. Forestry Technical Report **35**, 37pp.
- Won, M. S., K. S. Koo, and M. B. Lee, 2006: An analysis of forest fire occurrence hazards by changing temperature and humidity of ten-day intervals for 30 years in spring. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **8**(4), 250-259. (in Korean with English abstract)
- Zhang, D., 1984: Synoptic-climate studies of dustfall in China since historic times. *Scientia Sinica (Series B)* **27**(8), 825-836.
- Zhang, G. Z., 2007: Study on the State Evaluation and Control Strategy of Land Desertification in Beijing. Beijing Forestry University, 120pp.
- <http://www.konetic.or.kr/> (2008.10.25)
- <http://www.kma.go.kr/weather/asiandust/observday.jsp> (2008.10.25)
- <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=214&aid=0000098273> (2009.3.20)