

천장산 의릉의 방재대책에 관한 연구

- 임상과 지형인자를 고려한 산불위험성 평가 -

원명수* · 이우균** · 최종희***

*국립산림과학원 산림방재연구과 · **고려대학교 환경생태공학과 · ***배재대학교 생명환경디자인학부

A Study on the Disaster Prevention of the Royal Tomb Eureung in the Mountain Cheonjang

- Estimation on Forest Fire Risk Considering Forest Type and Topography -

Won, Myoung-Soo*, Lee, Woo-Kyun**, Choi, Jong-Hee***

*Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute

**Dept. of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University

***Division of Environmental Design & Urban Horticultural Science, PaiChai University

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the risk of the forest fire, considering the topography and the forest, for establishing disaster prevention measures of cultural heritage, Uireung, over in Cheonjang-mountain. To do that, we estimate the occurrence and spread of the forest fire over in Cheonjang-mountain through a forest fire probability model(logistic regression), using the space characteristic data(100m×100m). The factor, occurrence of the forest fire, are diameter class, southeast, southwest, south, coniferous, deciduous, and mixed forest. We assume the probability of the fire forest in each point as follow : $[1+\exp\{-(-4.8081-(0.02453*\text{diameter class})+(0.6608*\text{southeast})+(0.507*\text{southwest})+(0.7943*\text{south})+(0.29498*\text{coniferous forest})+(0.28897*\text{deciduous forest})+(0.17788*\text{mixed forest}))\}]^{-1}$. To divide dangerous zone of the big forest fire, we make the basic materials for disaster prevention measures, through the map of coniferous forests, deciduous forests, and mixed forest. The damage of cultural heritage caused by a forest fire will be reduced through the effective preventive measures, by forecast a forest fire to using this study.

Key Words : Cultural Heritage, Forest Fire, Risk Estimation, Logistic Regression, Cheonjang-Mountain, Uireung

국문초록

본 연구는 산불로부터 안전한 천장산 일대 의릉 문화재 방재대책 수립을 목적으로 임상과 지형인자를 고려하여 산불위험성 분석을 실시하였다. 천장산과 의릉 문화재의 방재대책 수립을 위해 공간특성자료(100m×100m)를 이용하여 각 지점별 산불발생확률모형(logistic regression)을 통해 천장산 일대의 산불발생위험성 평가와 임상에 따른 산불위험성 및 산불확산 위험성을 평가하였다. 천장산 일대에서 산불 발생에 영향을 주는 공간특성으로는 경급, 남동향, 남서향, 남향, 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 나타났으며, 이들 인자를 이용하여 각 지점별 산불발생확률 $[1+\exp\{-(-4.8081-(0.02453*\text{경급})+(0.6608*\text{남동향})+(0.507*\text{남서향})+(0.7943*\text{남향})+(0.29498*\text{침엽수})+(0.28897*\text{활엽수})+(0.17788*\text{혼효림}))\}]^{-1}$ 을 추정하였다. 산불 발생 후의 산불 대형화 위험지역 구분을 위해 침엽수림, 활엽수림, 혼효림에 대한 주제도를 작성하여 문화재 보호를 위한 방재대책 수립을 위한 기초자료를 작성하였다. 향후 본

† Corresponding Author : Choi, Jong-Hee, Division of Environmental Design & Urban Horticultural Science, PaiChai University, Daejeon 302-735, Korea. Phone : +82-42-520-5918, E-mail : jhchoi2000@pcu.ac.kr

연구의 결과를 활용하여 산불 등 재해관리에 있어서 산불발생위험이 높은 지역과 대형화 위험지역을 사전에 예측하여 효율적인 예방대책을 수립은 물론 진화자원의 효율적 운용을 통해 산불로 인한 문화재 소실을 피해를 저감할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : 문화재, 산불, 위험성평가, 로지스틱 회귀분석, 천장산, 의릉

I. 서론

산불은 일반 화재와 같이 연료, 산소, 열에 의하여 발생되지만 산불발생위험도는 임상, 연료의 종류, 연료의 배열 및 밀도와 같은 연료의 조건과 습도, 기온, 풍속과 같은 기상요인, 그리고 방위나 경사도와 같은 지형적 영향에 의하여 복합적으로 발생한다(David 등, 1959). 따라서 산불발생 위험도를 효과적으로 예측하기 위해서는 기상, 연료습도, 지형이 산불연소 행태와 상호 어떤 관련성을 지니고 있는가에 대한 과학적 규명을 통하여 이루어질 수 있다. 또한 산불은 지형, 기상, 임상구조 및 지피 조건 등 많은 인자들에 의해 쉽게 영향을 받아 제 인자들에 따른 산불의 연소 속도와 연소 방향 등이 복잡한 양상으로 나타나기 때문에 험준하고 복잡한 지형 특성 및 다양한 임상분포 특성상 산악지형에 발생하는 산불을 지형, 기상, 임상 등 제반 산불 관련 인자들과 연계하여 유기적인 해석을 한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 이러한 관점에서 미국, 캐나다, 호주 등의 임업 선진국에서는 산불재해에 적극 대처하기 위한 노력의 일환으로 종합적인 산불관리시스템이 개발되고 있다.

미국은 국가산불위험지수시스템(NFDRS)을 개발하고(Bradshaw 등, 1983), GIS 기술을 접목한 산불시뮬레이션 프로그램인 FARSITE(Finney, 1998) 뿐만 아니라 다양한 시스템들이 개발되어 활용되고 있으며, 캐나다는 캐나다 산불위험지수시스템(CFFDRS)을 개발하여 현재 실용화하고 있다(Hirsch, 1996). 국내에서는 GIS를 이용하여 산불을 효율적으로 관리하려는 연구가 다양하게 시도되었으며(이기철 등, 1998; 신영철 등, 2000; 조명희 등, 2001), 현재 과학기술부 중점연구과제로 웹기반 산불위험예보시스템(KFFDRS)을 개발(과기부, 2003)하여 실용화하고 있다. 산불위험예보시스템은 기상, 지형, 임상을 이용하여 개발되었으나, 기상이 많은 부분을 차지하고 지형과 임상에 대한 연구가 부족한 실정이다.

최근 낙산사(2005. 4) 산불피해와 승례문(2008. 2) 방화사건 등으로 우리나라의 문화재 보존 능력과 방재대책에 문제점이 대두되고 있다. 이에 역사적 가치를 지닌 사찰, 서원, 능역 등 보존가치가 있는 주요 문화재에 대해 산불 등 자연재해로 인한 위험성을 사전에 평가하고 이에 대한 방재대책 수립이 필요한 시점이다.

문화재는 한 나라의 역사를 고이 간직하고 있으며, 국민들의 생활상, 의식 등이 응집된 결정체로서 국민들의 마음의 안식처

이자 자존심이다. 그래서 국가에서도 보존가치가 큰 중요한 문화재를 국보급, 보물급, 지방문화재 등으로 보호하고 있다.

특히 문화재 등은 대부분 목조로 되어 있어 화재에 취약성을 갖고 있으며, 더욱이 도시와 멀리 떨어져 있는 지리적 여건으로 인해 진압하는데 애로점이 많다. 지금도 문화재 및 사찰에는 수많은 관람객이 모여들고 있다. 우리 모두 문화재를 보고 느끼는 즐거움을 계속 유지하려면 문화재를 아끼고 보존하는데 한치의 오차도 없도록 화재예방을 항상 염두에 두어야 한다.

화재로 인한 문화재 소실은 총체적 관리 부실이 빚은 예견된 인재로써 문화재 화재예방에 대한 전반적인 실태조사와 함께 체계적인 방재시스템 등을 조속히 갖춰야 한다. 문화재 화재 발생시 어떻게 불을 꺼야 할지에 대한 가이드라인이 있긴 하지만 승례문처럼 야간에 경비업체가 관리하는 곳은 사실상 무용지물이라고 밖에 볼 수 없다. 목조 문화재 건축물이 많은 일본의 경우 문화재 관계 부처 및 소방당국에서도 화재대응 매뉴얼을 구축하고 있다. 따라서 문화재 화재예방을 위해 '문화재 보호법'과 '소방법' 등 관련 법령을 재정비하고 화재전문기술자(Fire Protection Engineer) 등이 참여하는 조사단을 꾸려 전국 문화재에 대한 체계적인 실태조사를 거쳐 사전 위험성 평가를 실시하여 취약점이 노출된 문화재에 대해서는 보존 및 방재 대책 등을 수립하는 등 방재시스템을 하루 빨리 갖추어야 할 것이다. 우리나라 문화재 중에서 특히 유형문화재의 주류를 이루고 있는 사찰, 서원, 능역 등은 대부분 목조건물로서 문화재 보존 측면에서 볼 때 크게 두 가지 취약점을 갖고 있다(정순교, 1997).

첫째, 국내 목조문화재를 이루고 있는 재료는 대부분 육송 등 목재로서 본래 연소성이 강하므로 화재에 대하여 매우 취약하다는 점과 둘째, 사찰·서원·능역 등 문화재는 지리적으로 산속에 있어 소방관서와 원거리에 위치하여 출동 소요시간이 많이 걸리고, 도로 협소 등으로 인하여 소방 차량 진입이 곤란하다는 것이다. 목조문화재를 이루고 있는 육송 등 대부분의 목재는 본래 연소성이 강하고 주로 건조된 상태에 있으므로 일단 어떤 화인에 의해서든 착화되면 매우 빠른 속도로 화염이 전파되기 때문에 일반 소방기구로도 진화가 어려운 상태이다.

더구나 목조문화재가 주류를 이루고 있는 사찰, 서원, 능역 등은 일반에 공개되어 있고, 내부 또는 주위에 관리인 등의 생활공간이 인접해 있으므로 늘 화인과 접촉되어 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 화재로부터 안전한 천장산 의릉 문화재 방재대책 수립을 위해 임상과 지형인자를 고려하여 산 불위험성을 평가하는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

의릉(懿陵)은 사적 제204호(지정연일: 1970년 5월 26일)로 서울특별시 성북구 석관동 산1-5번지 일원에 위치하고 있으며, 면적은 434,386m²로 약 130,315평으로 조선왕조 제20대 경종(1720~1724 재위)과 계비(繼妃) 선의왕후 어씨(宣懿王后 魚氏 · 1705~1730)의 능이다. 제향일은 음력 8월 25일이다. 의릉 주산(主山)인 천장산(天藏山 · 해발 140m) 북쪽으로는 월계동, 남쪽으로는 회기동, 동쪽으로는 이문동, 서쪽으로는 상월곡동이 인접하고 있다. 왕릉의 표고는 28.6m이고 능(陵)이 있는 서남쪽은 약 28~30m 정도이고, 정자각 월대 아래쪽 동북쪽 지역은 약 18~20m 내외이며, 능과는 약 10m의 고저차를 보이고 있다. 의릉의 북서쪽과 남쪽에는 1962~1995년까지 중앙정보부(中央情報部)가 사용하던 건물들이 남아 있으며, 현재는 한국예술종합학교가 1996년부터 당시 건물과 178,498m²(53,995평)의 부지를 사용하고 있다.

천장산에 위치한 홍릉수목원은 국립산림과학원 부속 전문수목원으로서, 국내 · 외의 다양한 식물 유전자원을 체계적으로 수집 · 관리하여, 기초 식물 학문분야 발전은 물론, 식물유전자원 확보를 위해 조성한 시험연구립이다. 1999년, 총 157과 2,035종(목본 1,224종: 국내종 836종, 국외종 388종/초본 811종)의 식물 20여 만 개체를 전시하고 있다. 또한 남한에 분포하는 목본식물의 식엽표본 1,143종(국내종 945종, 국외종 198종)과 종자표본 812종(목본식물 734종, 국외종 78종)을 소장하고 있다. 1960년대까지는 총 면적이 99ha(299,035평)에 이르렀으나, 그 후 일부가 한국과학기술과학원 등으로 관리 전환되어 현재 44ha(전문수목원 14.5ha, 자연학습장 3.5ha, 고정시험지 4ha, 환경보존림 15.5ha, 경관풍치림 6.5ha)가 남아 있다. 서울의 동쪽 천장산(141m) 남서 사면에 위치하며, 연평균 기온 11.1℃, 연강수량 1,259mm로 여름에는 고온다습하고 겨울

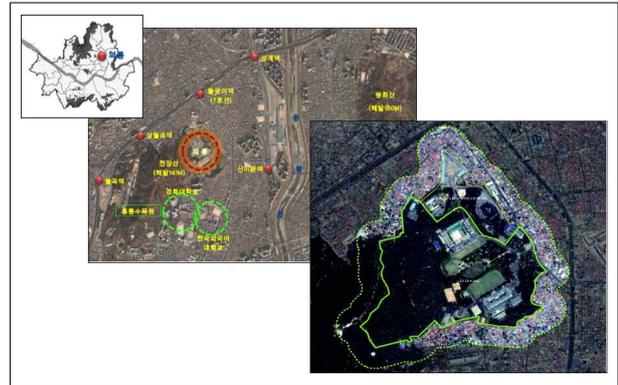


그림 1. 연구대상지 : 의릉 및 천장산 일대

에는 한냉건조하다.

본 연구에서 선정된 연구대상지는 천장산 내에 위치한 역사적 가치를 지닌 의릉과 국내 · 외의 다양한 식물 유전자원을 체계적으로 수집 · 관리하고 있는 산림자원의 보고인 홍릉수목원의 산불 등 자연재해로 인한 위험성을 사전에 평가하고 이에 대한 방재대책의 수립 필요성에 의해 선정하였다(그림 1 참조).

2. 식생

의릉 경관림 지역은 낙엽활엽수와 상록침엽 및 낙엽침엽수의 혼효림으로 구성되어 있다. 의릉의 능상 주변은 소나무 수종이 주를 이루고 있으며, 능 아래구역은 여러 수종의 수목들이 식재되어 있다(그림 2 참조). 식재 수종으로는 소나무(*Pinus densiflora*), 느티나무(*Zelkova serrata*) 등 교목류 27종과 명자나무(*Chaenomeles lagenaria*), 쉬땅나무(*Sorbaria sorbitifolia* var. *stellipila*), 회양목(*Buxus microphylla* var. *koreana*) 등 28종으로 총 55종이 분포한다(표 1 참조). 특히 천장산 대부분을 차지하는 홍릉수목원은 산복 이상에는 소나무림이 우점하고 산록 및 계곡에는 활엽수림이 우거졌었으나, 일제 강점기 및 한국전쟁을 거치면서 극도로 파괴되어 오리나무, 물감나무, 리기대소

표 1. 의릉 능상 및 능하지역 수목 분포 현황

성상별	수종별(학명)
교목류 (27종)	소나무(<i>Pinus densiflora</i>), 느티나무(<i>Zelkova serrata</i>), 전나무(<i>Abies-holophylla</i>), 잣나무(<i>Pinus koraiensis</i>), 오리나무(<i>Alnus japonica</i>), 단풍나무(<i>Acer palmatum</i>), 주목(<i>Taxus cuspidata</i>), 감나무(<i>Diospyros kaki</i>), 살구나무(<i>Diospyros kaki</i>), 모과나무(<i>Chaenomeles sinesis</i>), 은행나무(<i>Ginkgo biloba</i>), 자귀나무(<i>Albizia julibrissin</i>), 능수벚나무(<i>Prunus-leveilleana</i> var. <i>pendula</i>), 섬잣나무(<i>Pinus parviflora</i>), 팔메나무(<i>Sorbus-ahnifolia</i>), 때죽나무(<i>Sorbus ahnifolia</i>), 복자기나무(<i>Acer triflorum</i>), 목련(<i>Magnolia kobus</i>), 버드나무(<i>Salix koreensis</i>), 두충나무(<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver), 차두나무(<i>Prunus salicina</i>), 매실나무(<i>Prunus mume</i>), 참죽나무(<i>Cedrela sinensis</i>), 산수유(<i>Cornus officinalis</i>), 대추나무(<i>Zizyphus jujuba</i> var. <i>inermis</i>), 향나무(<i>Juniperus chinensis</i>), 참빗살나무(<i>Euonymus-sieboldiana</i>)
관목류 (28종)	명자나무(<i>Chaenomeles lagenaria</i>), 쉬땅나무(<i>Sorbaria sorbitifolia</i> var. <i>stellipila</i>), 회양목(<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i>), 박꽃나무(<i>Magnolia sieboldii</i>), 보리수나무(<i>Elaeagnus umbellata</i>), 배롱나무(<i>Lagerstroemia indica</i>), 진달래(<i>Rhododendron mucronulatum</i>), 산철쭉(<i>Rhododendron schlippenbachii</i>), 황철쭉(<i>Rhododendron japonicum</i>), 국수나무(<i>Stephanandra incisa</i>), 앵도나무(<i>Prunus tomentosa</i>), 개나리(<i>Forsythia koreana</i>), 미선나무(<i>Abeliophyllum distichum</i>), 수수꽃다리(<i>Syringa dilatata</i>), 병아리꽃나무(<i>Rhodotypos scandens</i>), 딱총나무(<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i>), 무궁화나무(<i>Hibiscus syriacus</i>), 오갈피나무(<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>), 빈도리(<i>Deutzia crenata</i>), 화살나무(<i>Euonymus alatus</i>), 작살나무(<i>Callicarpa japonica</i> Thunberg), 쥐똥나무(<i>Ligustrum obtusifolium</i>), 갈매나무(<i>Rhamnus davurica</i>), 노린재나무(<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>), 국수나무(<i>Stephanandra incisa</i>), 싸리(<i>Lespedeza bicolor</i>), 조팝나무(<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>)



그림 2. 의릉 능침 주변 송림

나무, 아까시나무 등으로 사방 조림되었다. 그 외 지역은 화백과 국내 자생수목인 잣나무, 전나무 등을 소나무림아래 식재하여, 현재의 복층림으로 조성되어 있다.

3. 연구방법

1) 산불발생위험지역 구분을 위한 GIS 관련자료 구축

본 연구에서는 조건부확률을 이용하여 산불발생위험지역을 구분하였으며, 산불발생위험지역을 구분하기 위해서 우선 산불발생과 관련 있을 것으로 판단되는 임상, 밀도, 경급, 영급, 고도, 경사, 사면향, 도로, 소로, 산림지 등에 대한 GIS 관련 주제도를 구축하였다. 임상자료(임상, 소밀도, 경급, 영급, 산림지)는 국립산림과학원 1:25000 수치임상도로부터 필요한 주제도를 추출하였다. 또한 지형자료(고도, 경사, 사면향, 도로, 소로 등)는 국토지리정보원 1:5000 수치지형도를 이용하여 구축하였다(그림 3 참조).

2) 지형 및 임상에 의한 산불발생확률모형

산불발생위험지역을 구분하기 위한 알고리즘인 산불발생확률모형을 분석하기 위하여 GIS 프로그램인 ArcGIS9.2를 이용하여 공간분석과 통계프로그램을 이용하여 로지스틱 회

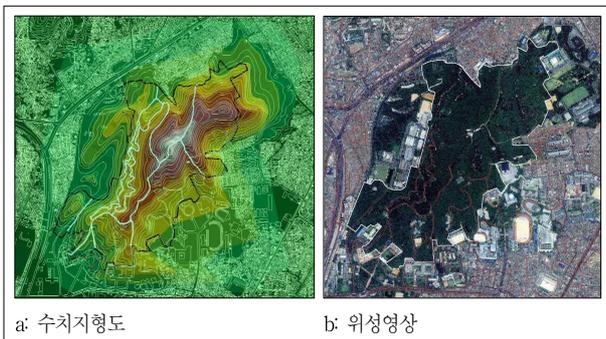


그림 3. 산불발생위험성 평가를 위한 GIS 관련자료

귀분석(Logistic Regression Analysis)을 실시하였다(박상연, 2002). 우선 공간분석은 100m×100m 크기의 셀로 변환하였으며, 도로, 소로, 산림지 등 거리에 따른 분석이 필요한 주제도는 10m×10m 해상도로 변환하여 거리에 따른 재분류를 실시한 다음 100m×100m 크기로 재변환하여 셀 크기를 동일하게 하였다.

산불발생위험지역을 구분하는 알고리즘을 선정하기 위한 통계모형으로 로지스틱 모형을 이용하였으며, 특정지역의 산불발생확률은 산불발생과 연관성이 있을 것으로 사료되는 지형 및 임상자료와 산불발생지점을 이용하였다. 산불발생 유무를 나타내는 산불발생지점을 더미변수로 하여 종속변수로 놓고, 산불발생과 영향이 있는 임상, 밀도, 경급, 영급, 고도, 경사, 사면향, 도로, 소로, 산림지 등과 같은 요인들을 독립변수로 주었다. 이때 도로, 소로, 산림지 등은 인자로부터 떨어진 거리 값을 독립변수값으로 설정하였다. 그리고 임상은 침엽수, 활엽수, 혼효림, 임외로 구분하고, 사면향은 평지, 북, 북동, 동, 남동, 남, 남서, 서, 북서로 구분하여 더미변수로 변환하여 분석하였다. 로지스틱 모형은 다음과 같다.

$$P = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_j X_j)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_j X_j)}$$

여기서, P = 산불이 발생할 확률

X_j = 산불발생과 관련있는 공간특성요인(임상, 경급, 고도, 경사 등 관련인자)

III. 결과 및 고찰

1. 천장산 일대 산불발생위험성 평가

산불발생에 영향을 주는 요인을 구명하기 위하여 임상, 소밀도, 경급, 고도, 경사, 사면향, 도로, 소로, 산림지에 대한 구축된 GIS 관련 주제도를 지점별로 산불발생확률을 구하기 위하여 GIS 프로그램인 ArcGIS9.2를 이용하여 각 주제도를 1ha (100m×100m) 크기의 그리드로 변환하고, 각 지점별 공간특성을 분석하였다. 분석된 자료의 통계분석을 위해 통계프로그램인 SAS 8.12를 이용하여 지점별로 각각 산불 발생 유무를 종속변수로 하고, 임상, 소밀도, 경급, 고도, 경사, 사면향, 도로, 소로, 산림지 등과 같은 요인들을 독립변수로 하여 로지스틱 회귀모형을 적용하였다. 독립변수들 중에서 통계적으로 유의한 변수를 선택하기 위하여 모든 변수를 모형에 포함시키고 변수를 하나씩 제거해 나가는 변수감소법(backward elimination)을 사용하였으며, 유의수준은 5%로 설정하였다(그림 4~7 참조). 분석결과, 산불발생에 영향을 주는 인자로 경급, 사면향, 임상으로 나타났으며, 각 지점별 산불발생

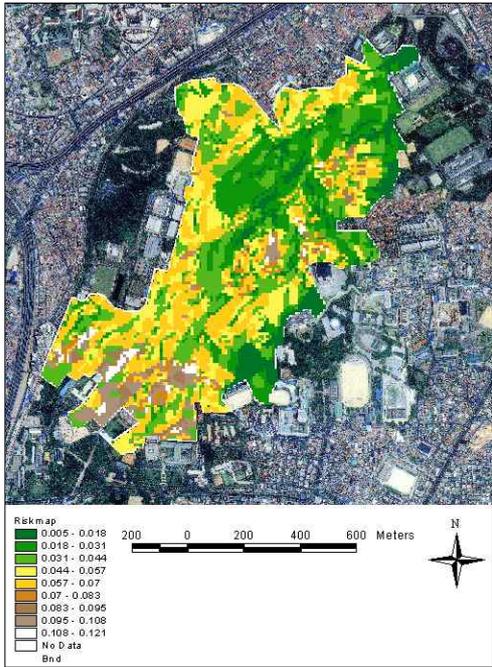


그림 4. 산불발생위험확률

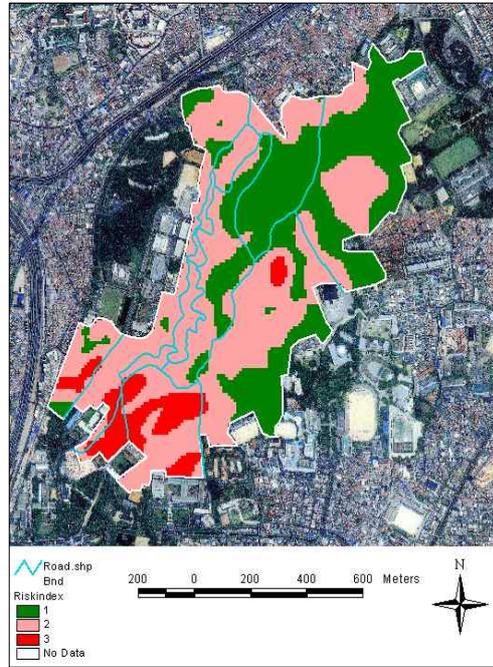


그림 6. 산불발생위험지역 구분도 window filter 적용 후

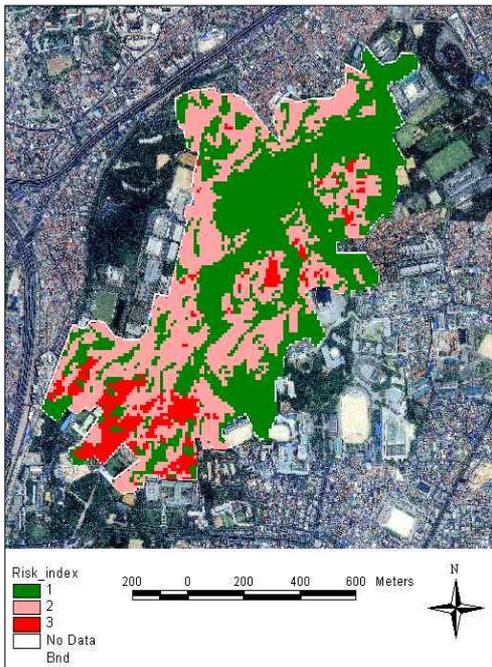


그림 5. 산불발생위험지역 구분도: window filter 적용 전



그림 7. 최종 산불발생위험지도

확률 추정식은 다음과 같다.

$$\text{산불발생 확률} = [1 + \exp\{-(-4.8081 - (0.02453 * \text{경급}) + (0.6608 * \text{남동향}) + (0.507 * \text{남서향}) + (0.7943 * \text{남향}) + (0.29498 * \text{침엽수}) + (0.28897 * \text{활엽수}) + (0.17788 * \text{혼효림})\})]^{-1}$$

2. 임상에 따른 산불위험성 및 산불확산 위험성 평가

산불이 발생되어 대형화되는 요인으로 기상, 지형, 임상 등 여러 환경인자들이 있으며, 이러한 인자들이 복합적으로 산불 연소행태에 작용하여 피해 정도가 결정된다. 그러나 본 연구에서는 여러 환경인자들 중에서 임상의 특성만을 고려하였다. 그

이유로는 여러 인자를 가지고 산불대형화 위험지역을 구분하려면 많은 어려움이 따르기 때문에 우선적으로 개략적인 산불대형화 위험지역을 구분하여 재해관리에 효율성을 제공하고자 하였다. 천장산 일대의 임상특성을 분석하기 위하여 국립산림과학원 1:25,000 수치임상도를 사용하였으며, 임상의 면적에 따라 산불대형화 위험지역을 구분하였다(그림 8, 9 참조). 속성 자료는 크게 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 통합하여 분석을 실시

하였다. 임상별 분포 면적은 활엽수림이 전체의 36.4ha(41.9%), 혼효림 35.1ha(40.3%), 침엽수림 15.5ha(17.8%) 순으로 나타났다. 우리나라는 법규(산림법 102조)에 산불의 규모를 5ha 미만, 5~30ha, 30ha 이상으로 규정하고 규모에 따라 산불진화체계를 구축하고 있다.

이시영 등(2002)은 대형 산불과 소형 산불 피해지역 특성을 분석하여 대형 산불에 영향을 주는 인자로 사면장, 풍속, 경사, 산불발생지 임상, 임상연속성이 관련있는 것으로 구명하였으며, 사면장이 길고 바람이 강하며, 경사가 급하고, 임상이 침엽수일 때 산불이 대형화된다고 하였다. 산불발생시 침엽수에서는 수관화로 확대가 용이한 반면 활엽수에서는 대부분 지표화로 진행되기 때문에 임상이 침엽수이면서 연속성이 있기 때문에 임상이 침엽수이면서 연속성이 있을 때 대형 산불로 확대될 위험성이 높다. 따라서 침엽수림이 연속해서 5ha 이상 되는 지역을 추출하여 대형화 위험지역으로 구분하였으며, 혼효림은 침엽수림보다는 위험성이 떨어지지만 침엽수의 수관 점유면적 또는 임목본수 비율이 각각 25% 이상, 75% 미만인 임상으로 활엽수 단순림보다는 위험하기 때문에 따로 구분하였다. 활엽수림에서 발생하는 산불은 대부분 소형 산불로 지표화만 일어나므로 지표화지역으로 구분하였다. 따라서 산불 발생 후의 산불 대형화 위험지역에서 산불발생확률이 높은 지역분포를 쉽게 알 수 있으므로 산불진화자료의 배치 및 감시체계에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

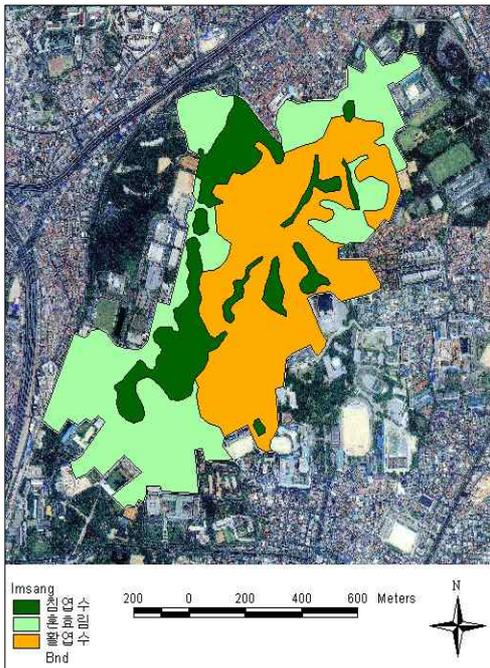


그림 8. 천장산 일대의 임상구분도

IV. 결론

본 연구에서는 산불로부터 안전한 천장산 일대 의릉 문화재 방재대책 수립을 위해 임상과 지형인자를 고려하여 산불위험성을 평가하였다. 천장산과 의릉 문화재의 방재대책 수립을 위해 공간특성자료(100m×100m)를 이용하여 각 지점별 산불발생 확률모형을 통해 천장산 일대의 산불발생위험성 평가와 임상에 따른 산불위험성 및 산불확산 위험성을 평가하였는 바, 요약된 결론은 다음과 같다.

첫째, 천장산 일대에서 산불발생에 영향을 주는 공간특성으로는 경급, 남동향, 남서향, 남향, 침엽수, 활엽수, 혼효림으로 나타났으며, 이들 인자를 이용하여 각 지점별 산불발생확률을 추정하였다. 각 지점별 산불발생확률 추정식은 다음과 같다.

$$\text{산불발생확률} = [1 + \exp\{-(-4.8081 - (0.02453 * \text{경급}) + (0.6608 * \text{남동향}) + (0.507 * \text{남서향}) + (0.7943 * \text{남향}) + (0.29498 * \text{침엽수}) + (0.28897 * \text{활엽수}) + (0.17788 * \text{혼효림}))\}]^{-1}$$

둘째, 산불 등 재해관리에 있어서 산불발생위험이 높은 지역을 사전에 예측하여 효율적인 예방대책을 수립하는 것도 중요하지만 산불이 발생한 다음 대형화되기 쉬운 지역을 미리



그림 9. 임상에 따른 산불확산위험도

예측하여 진화자원을 효율적으로 운용하여 초동진화를 한다면 산불로 인한 문화재 소실 피해를 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

셋째, 이러한 결과는 산불위험이 특히 높은 지역을 집중적으로 예측함으로써 효율적인 감시체계 운영을 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 대형화 위험지역 구분을 임상만을 고려하여 구분하였기 때문에 정확성이 떨어질 것으로 사료된다. 따라서 향후 산림의 구조 및 지형 등을 고려한 종합적인 위험지역 구분이 이루어질 수 있도록 체계적인 접근 노력이 요구된다.

인용문헌

1. 과학기술부(2003). 산불예측 및 감시기술 개발. 과학기술부 연구보고서.
2. 문화재청 의류관리소. <http://eureung.cha.go.kr/>
3. 박상언(2002). 로지스틱 회귀분석방법. 판별분석, 로지스틱 회귀모형. 서울: 민영사. pp.59-77.
4. 이기철(1998). GIS를 이용한 산불진화용 저수탱크 적지분석에 관한 연구. 한국지리정보학회지. 1(2): 1-13.
5. 이시영(2002). GIS를 이용한 산불피해지역 특성분석. 한국지리정보학회지. 5(1): 20-26.
6. 경순교(1997). 문화재 화재예방 및 진압대책. 소방안전 3/4월호.
7. 조명희(2001). GIS를 이용한 산불정보관리시스템 개발. 한국지리정보학회지. 4(3): 51-60.
8. 한국일보(2008). 전문가들 “문화재 화재 대응 매뉴얼 마련부터”.
9. Andrew, P. L. and L. P. Queen(2001). Fire modeling and information system technology. International Journal of Wildland Fire. 10: 343-352.
10. Bradshaw, L. S. and J. E. Deeming and R. E. Burgan and J. D. Cohen (1983). The 1978 National Fire-Danger Rating System: Technical Documentation. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-169. 44pp.
11. Davis, K. P. and A. A. Brown(1959). Fire in the forests. In: FOREST FIRE Control and Use. Second Edition. McGraw-Hill. pp.3-259.
12. Finney, M. A(1998). FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation, Res. Pap. RMRS-RP-4, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 47pp.
13. Hirsch, K. G(1996). Canadian Forest Fire Behavior Prediction(FBP) System: user's guide. Canadian Forest Service. 121pp.

원고접수: 2010년 2월 17일

최종수정본 접수: 2010년 3월 21일

3인 익명 심사필, 1인 영문 abstract 교정필