

바람과 건조현상에 따른 대형산불위험 지역 분석

원명수*, 윤석희, 구교상, 김정하
국립산림과학원 산림방재연구과

Analysis on forecasting large fire area by change of wind speed and dry conditions

M. S. Won*, S. H. Yoon, K. S. Koo, and K. H. Kim

Division of Forest Disaster Management, Korea Forest Research Institute

(Correspondence: mswon@forest.go.kr)

1. 서 언

2000년대 들어서 임목밀도의 증가, 기상여건의 악화 등으로 2000년 동해안, 2002년 청양·예산, 2005년 양양, 2007년 울진, 2011년 울진·고령·영덕·예천 등 강원 영동과 중부내륙에서 대형산불이 발생하여 전국적으로 대형산불 발생 가능성이 높아지고 있다. 우리나라 산불통계상으로 과거 20년간 30ha 이상의 중·대형산불이 전체 건수의 약 1%(97건)이지만 그 피해면적은 전체의 79%(40,680ha)를 차지하고 있으며, 과거 대형산불 중 92건(95%)이 봄철에 집중되어 발생하였고, 가을철에는 5건(5%)만이 발생하였다. 특히 4월에만 65건이 발생하여 전체의 67%를 차지하고 있다. 과거 20년간 발생한 대형산불 중 지역별로는 강원 36건(37%), 경북 24건(25%) 순으로 발생하여 백두대간을 중심으로 강원 영동과 경북지역에 대형화 가능성이 높았다. 기상청에서 발표하는 ‘건조’와 ‘강풍’ 특보는 산불의 발생에서부터 대형화 가능성을 판단할 수 있는 유용한 정보이나 임상과 지형특성이 배제되어 있어 기상특보만으로 산불발생위험을 정확하게 예측할 수 없는 것이 단점이다. 따라서 봄철 건조현상과 강풍 등 악기상 정보를 활용하여 대형산불에 대비하기 위한 조기알림시스템은 구축되어 있지 않은 실정이어서 실시간으로 수신되는 악기상 정보를 활용하여 대형산불 발생 위험성을 사전에 예보할 수 있는 체계를 마련하여 운영할 필요가 있다. 본 연구에서는 과거 20년간 발생하였던 100ha 이상의 대형산불지역의 임상과 기상특성 자료를 수집하여 대형산불 발생과 소나무림, 건조현상, 강풍과의 상관분석을 통해 실시간 기상변화에 의한 대형산불위험지역 분석 및 발효기준을 선정하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 소나무림과 대형산불의 관계

지난 20년간 산불통계자료와 지역별 숲의 특성을 분석한 결과, 대규모 소나무 단순림이 서로 근접해 있는 강원 영동과 경북 해안지역에서 대형산불이 자주 발생하였다. 소나무림 분포 면적이 크고, 응집된 지역일수록 확산속도 빠르고 피해면적이 증가하였으며, 과거 고성산불(1996년), 동해안산불(2000년), 양양산불(2005) 피해지가 강풍 외에

도 소나무 단순림으로 구성되어 있어 피해가 더욱 컸다. 대형산불에 영향을 주는 인자로는 풍속, 산불발생지의 임상, 임상의 연속성이 관련성이 높으며, 임상이 침엽수림일 때 산불이 대형화되는 것으로 나타났다(안상현 등, 2005). 침엽수에서는 수관화로 확대가 용이한 반면 활엽수에서는 대부분 지표화로 진행되는 특성이 있다. 특히 임상이 침엽수이고 연속성(30ha 이상)이 있을 때 대형산불로 확대되는 것으로 나타났다.

2.2 건조현상과 대형산불 발생의 관계

과거 20년동안 발생한 100ha 이상의 대형산불 당일의 기상자료를 분석한 결과, 실효습도는 평균 30%, 최소 13%, 표준편차 14.5%로 나타났다. 강우 후 경과일수는 평균 9일, 최대 18일, 최소 2일, 표준편차 4일인 것으로 분석되었다. 그리고 산불발생 전 최종 강수량은 평균 6mm, 최소 0.5mm, 최대 40mm에서 대형산불이 발생하였다. 2011년 봄철 건조기에는 건조특보(주의보, 경보) 발효지역에서 산불(147건)의 78%가 발생하였으며, 대부분 영남지역에서 발생하였다. 특히 총 4건의 대형산불이 건조특보가 발효된 경북 예천(110ha), 영덕·포항(60.5ha), 울진(48ha), 강원 양양(30ha) 지역에서 발생하였다. 산불발생과 건조일수의 상관관계는 $\text{산불발생} = 0.0314 * \text{건조일수} + 0.6538$ 로 다중상관계수(R²)는 0.38의 관계를 가졌다(p-value < 0.000001, SEE 0.006).

2.3 강풍과 대형산불 발생의 관계

과거 발생했던 초대형 산불인 고성, 동해안, 청양·예산, 양양산불은 최대풍속이 24~32m/s의 강풍으로 인해 문화재 소실과 산림피해를 입었다. 이들 4건의 초대형산불의 최대풍속은 아래와 같았다.

- 고성산불(1996.4.23), 3,762ha, 최대풍속 27m/s
- 동해안산불(2000.4.7), 23,794ha, 최대풍속 23.7m/s
- 청양·예산산불(2002.4.14.), 3,095ha, 최대풍속 15.1m/s
- 양양산불(2005.4.4), 974ha, 최대풍속 32m/s

과거 20년간 발생한 100ha 이상의 대형산불 당일의 기상자료를 분석한 결과, 평균풍속 5.3m/s, 최대풍속 11.6m/s(표준편차 2.5m/s) 구간에서 대형산불이 발생하는 특성을 보였다.

Table 1. 과거 20년간 발생한 대형산불(≤100ha)과 당일 기상현황의 상관관계

	피해면적	평균습도	평균풍속	강우 후 경과일수	산불발생전 최종강수량
피해면적	1				
평균습도	-0.10427	1			
평균풍속	0.14768	-0.32554	1		
강우 후 경과일수	0.00323	-0.18612	0.15531	1	
산불발생전 최종강수량	-0.21080	0.52176	-0.21104	0.24038	1

3. 결 과

우리나라 산불발생의 70% 이상이 소나무림에서 발생하고, 확산되어 대형화될 경우 피해면적이 전체의 80%를 차지하는 특성을 고려하면 소나무림 30ha 이상, 주변 소나무림간 최대 이격거리(기록상의 우리나라 최대 비화거리를 근거로 산정) 2km 범위내의 소나무림을 대상으로 ‘대형산불 위험지역’으로 선정하는 것이 타당하다고 사료된다.



Fig. 1. 소나무림 분포현황

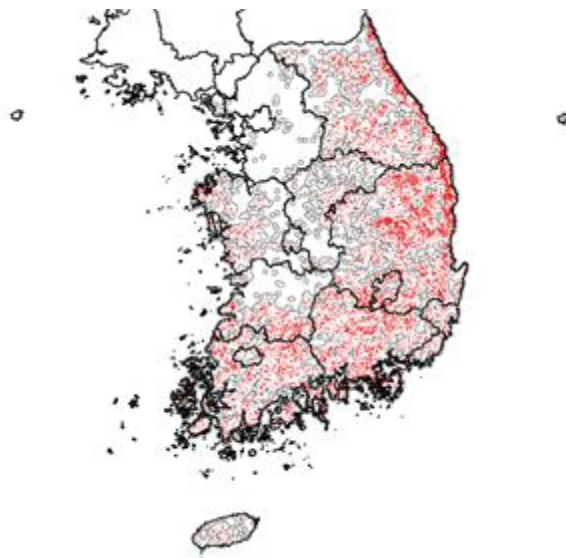


Fig. 2. 30ha 이상 2km 범위내의 소나무림 분포 현황

봄철 건조기에 강풍과 가뭄 현상 등으로 백두대간을 중심으로 강원 영동과 영남지역에서 반복되는 대형산불 예방을 위해 악기상 예보를 고려하여 ‘대형산불위험지역’ 선정기준을 정하여 자동시스템화하여 운영하는 것이 효율적이라고 판단된다. ‘대형산불위험지역’의 선정은 기상상황에 따라 ‘대형산불 주의보’와 ‘대형산불 경보’ 2가지로 분리하여 발효하며, 강풍에 의한 ‘대형산불위험’ 발효 기준은 과거 대형산불 발생당시의 기상관측소의 풍속자료(평균 $5.3\% \pm 2.5$, 최대 $11.6\% \pm 2.5$) 분석결과를 토대로 7% 이상일 경우에 대형산불 위험이 높아지는 특성이 있어 강풍특보 조건을 산불 환경조건에 맞게

7% 이상일 경우 ‘대형산불 주의보’, 11% 이상일 경우는 ‘대형산불 경보’로 사전 예보하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

Table 2. 강풍에 의한 대형산불위험 지역 발효 기준

구분	대형산불 주의보	대형산불 경보
강풍	육상에서 풍속 7m/s 이상이 예상될 때	육상에서 풍속 11m/s 이상이 예상될 때

* 진화헬기 안전 규칙상 10% 이상일 경우에는 헬기이륙 및 진화 금지

건조현상에 의한 ‘대형산불위험지역’ 발효 기준은 과거 대형산불 발생 당시의 기상관측소의 실효습도(평균 30%±14.5, 최소 13%±14.5) 분석결과, 실효습도 45% 이하일 경우에 대형산불 위험이 높아지는 특성이 있어 건조특보 조건을 산불 환경조건에 맞게 45% 이하일 경우 ‘대형산불 주의보’, 30% 미만일 경우는 ‘대형산불 경보’로 사전 예보하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

Table 3. 건조현상에 의한 대형산불위험 지역 발효 기준

구분	대형산불 주의보	대형산불 경보
건조	실효습도 45% 이하가 2일 이상 계속될 때	실효습도 30% 미만이 2일 이상 계속될 때

이를 종합해보면 소나무림 30ha 이상, 주변 소나무림간 최대 이격거리 2km 범위내의 소나무림을 대상으로 ‘대형산불 주의보’ 발령은 건조①과 강풍①을 충족할 경우 발효하고, ‘대형산불 경보’ 발령은 건조②와 강풍 ②를 충족할 경우 발효하는 것이 타당하다.

Table 4. 바람과 건조현상에 의한 대형산불위험지역 발효 기준

구분	건조(%)	강풍(m/s)
대형산불 주의보	① 실효습도 30~45%가 2일 이상 계속될 때	① 육상에서 풍속 7~10m/s가 예상될 때
대형산불 경보	② 실효습도 30%미만이 2일 이상 계속될 때	② 육상에서 풍속 11m/s 이상이 예상될 때

인용문헌

- An, S. H., M. S. Won, D. H. Kim, Y. H. Kang, M. B. Lee, and S. Y. Lee, 2005:
 Classification of forest fire risk and hazard regions in Uiseong-gun. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 8(2), 117-124. (In Korean with English abstract)

Andrews, P. L., and L. P. Queen, 2001: Fire modeling and information system technology.
International Journal of Wildland Fire **10**, 343-352.

원명수, 2012: 스마트폰을 이용한 산불위험예보. 월간 산림 4월호. 83-85.

산림청 국립산림과학원. 국가산불위험예보시스템. www.forestfire.kfri.go.kr/main.action