



시공간 사면향 특성을 고려한 산불 위험성 평가

김동현

국립산림과학원 산림방재연구과

Forest Fire Risk Analysis Considering Characteristics of Temporal and Spatial on Slope Direction Line

Dong Hyun Kim

Korea Forest Research Institute

요 약

산불에 영향을 미치는 인자는 일반적으로 산림 연료와 기상 그리고 지형인자로 구분할 수 있다. 이중 지형인자는 경사와 사면의 방향 그리고 해발고, 사면의 길이 등 여러 조건들이 복합적으로 이루어진 산의 형세를 이룬다. 지형 조건 중 경사는 산불 발생후 확산속도에 영향을 주며 사면의 방향은 태양복사에너지 일사량에 따른 연료의 건조와 연료의 온도 등에 영향을 줌으로써 산불의 발생과 확산에 영향을 준다. 특히 산불이 시작되는 이른 봄철에는 강설 후 사면향에 따라 적설지역과 눈이 녹아 건조한 지역이 사면의 향에 따라 큰 차이를 나타내고 있으며 이로 인해 산불위험예보시에도 사면향에 따른 산불발생위험을 달리 적용해야 할 필요성이 있다. 이에 본 연구에서는 사면의 방향에 따른 산불위험성을 평가하기 위해 먼저 태양복사에너지의 일사량 분석을 실시하였고 산불사례조사를 통해 사면의 방향에 따라 산불발생 위험과 피해면적을 비교, 분석하였다. 그 결과 태양복사에너지 일사량이 가장 많은 사면의 향인 남사면을 중심으로 산불발생이 높은 것으로 분석되었다.

1. 서 론

우리나라는 최근 10년간 평균 427건의 산불발생과 1,173ha의 산림피해를 입고 있다[1]. 산불발생과 피해의 크기는 기상여건과 지형 그리고 산림의 종류에 따라 크게 달라진다. 지형조건에서 사면의 향은 지표면의 건조도와 가장 밀접한 관계를 가진다. 태양복사에너지에 의한 지표면의 일사량이 증가함에 따라 지표온도와 함께 건조도가 높아지기 때문이다[2]. 산불발생지 사례조사 결과에서도 일사량이 높은 지역인 남쪽 경사면을 중심으로 산불발생이 가장 많은 것으로 조사되었다[3]. 태양복사에너지에 관련된 산불과의 상관성에 관한 연구는 아직 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 사면의 시공간 분석을 통한 태양 광선으로부터 일사량을 분석하여 산불발생과 피해에 대한 상관성을 밝히고자 한다.

2. 연구범위 및 제한사항

2.1 사면향에 따른 일사량

Figure 1은 사면향에 따른 일사량 계산 흐름도로 태양의 시공간 변화에 따른 위치결정 후 평면계산량을 실시하며 이때 그림자 영역에 대한 음역 기복도 계산을 함께 실시한다. 이후 지면의 경사와 사면향에 따른 태양으로부터 지표면의 일사량 계산을 실시한다. 태양 복사의 직달 복사량(Q)는 식 1과 같이 지표에 직교하는 직달 일사량(S_0)과 태양의 입사각(θ)의 곱으로 계산된다. 여기서 수평 지표면을 가정한 입사각인 천정각(θ_0), 지표면 경사를 고려한 입사각인 조도각(θ_i)으로 정의하고 조도각은 식 3과 같이 지형의 경사각(β)과 방위각(Φ_0), 그리고 태양의 천정각(θ_0)과 방위각(A)으로 계산된다(Figure 2. 지형의 경사각(β)과 방위각(Φ_0), 그리고 태양의 방위각(A)은 식 4, 5, 6과 같다. 여기서 λ 는 위도 δ 는 적위, h 는 시간각이며 β 와 A 는 각각 $0 \leq \beta \leq \pi/2$, $-\pi \leq A \leq \pi$ 의 범위를 가진다.

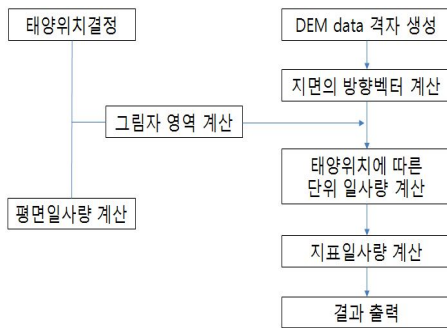


Figure 1. Flowchart for calculating insolation from solar radiation.

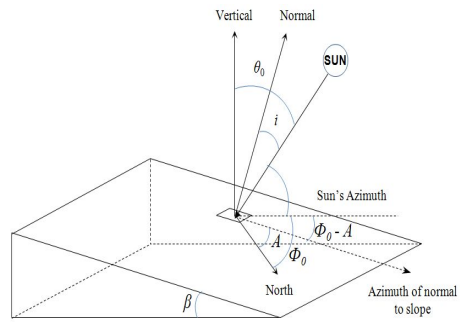


Figure 2 Geometry defining the position of the sun related to a slope surface.

$$Q = S_0 \cos \theta \quad 1)$$

$$\cos \theta_0 = \sin \lambda \sin \delta + \cos \lambda \cos \delta \cos h \quad 2)$$

$$\cos \theta_i = \cos \theta_0 \cos \beta + \sin \theta_0 \sin \beta \cos (\Phi_0 - A) \quad 3)$$

$$\tan S = |\nabla_z| = [(\partial z / \partial x)^2 + (\partial z / \partial y)^2]^{1/2} \quad 4)$$

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{\partial z / \partial y}{\partial z / \partial x} \right); \frac{\partial z}{\partial x} < 0, \frac{\partial z}{\partial y} > 0 \quad 5)$$

$$\Phi_0 = \sin^{-1} (\cos \delta \sin h / \cos \theta_0)$$

상기 방법에 의해 분석한 결과, 우리나라 산불위험시기인 봄철기간 월평균 일사량분포는 Figure 3과 같이 2011년 3월의 경우 지표면 일사량이 남부지방을 중심으로 최고 490MJ/

m²에 이르며 4월의 경우 남부와 서해안 및 동해안 일부를 중심으로 최고 620MJ/m²에 이른다. 5월의 경우, 제주도를 포함한 남부지역을 중심으로 최대 700MJ/m²에 이른다. 따라서 우리나라 전역의 봄철기간 일사량은 남부지역과 동해안, 서해안 일부지역에서 높게 나타난 것으로 분석되었다.

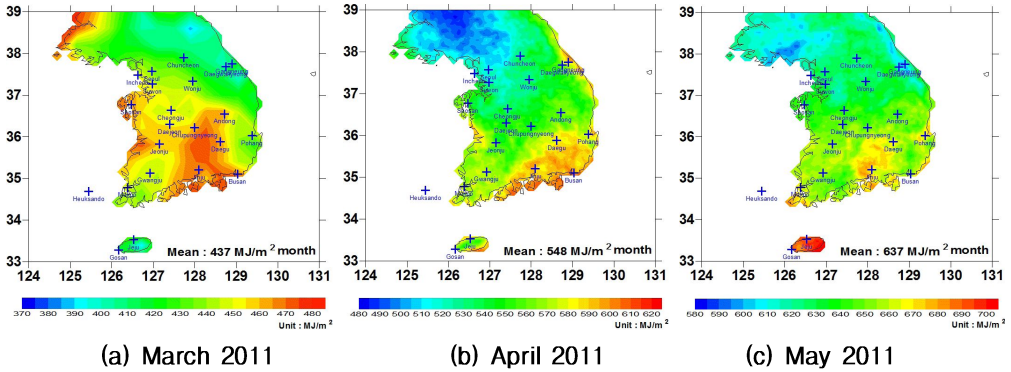


Figure 3. Monthly accumulated surface insolation in South Korea on Spring season.

2.2 사면향별 일사량과 산불발생 상관관계분석

Figure 3은 칠곡군의 연평균 일사량과 일평균 분단위 일사량 분포를 나타낸 것으로 연중 봄철이 8월에 가장 일사량이 높고 일중에는 13시에 일사량이 가장 높은 것으로 나타났다.

이를 바탕으로 칠곡군에 대해 고도별 사면향별 일사량 분석을 실시하였다. Figure 5에서 나타난 바와 같이 고도가 높고 음영지역이 없는 곳에서의 일사량이 높게 나타났으며 사면의 향 분석에서는 남향이 가장 높고 북향이 가장 낮은 일사량 분포를 나타내었다. 칠곡군 산불 발생지의 사면향 분석으로 통해 사면향별 분포도를 Figure 5의 (b)에 나타내었고 그 결과 사면향에 따른 산불발생 분포비율은 남향(41%) > 남서향(27%) > 남동향(12%) > 서향(10%) > 북서향(7%) > 동향(2%) > 북향, 북동향 (0.5) 순으로 나타났으며 카이제곱분석을 통한 일사량과의 상관관계 분석결과 유의성이 높은 것으로 나타났다.

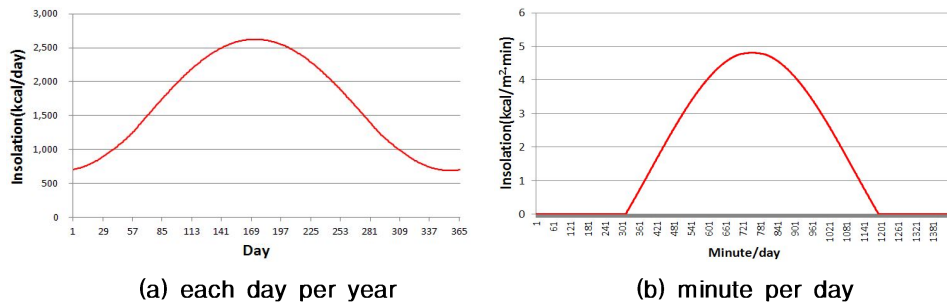


Figure 4. Diagram for Insolation change in Korea(Chilgok Kyungbook).

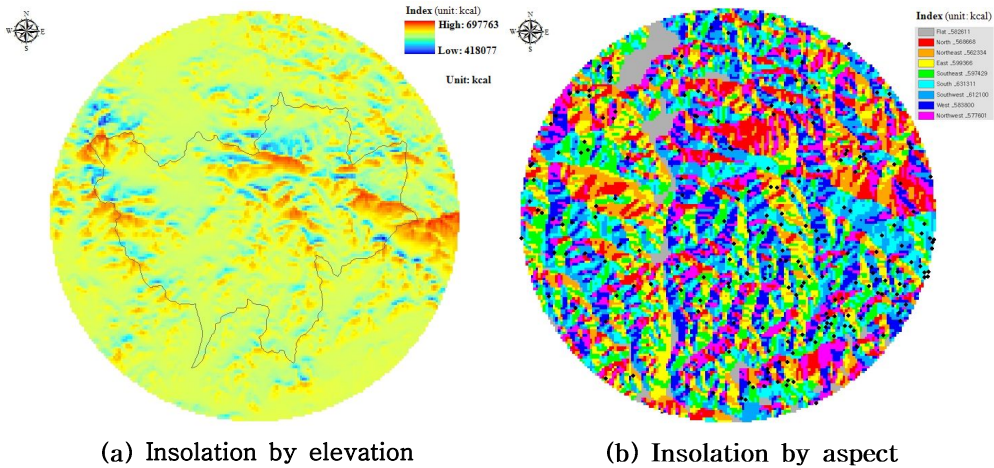


Figure 5. Surface insolation by elevation(a) and aspect and forest fire ignition point in Chilgok Kyungbook.

3. 결 론

본 연구에서는 사면향에 대한 시공간 분석을 통해 일사량변화 모델을 제시하였으며 이를 바탕으로 칠곡군을 대상으로 각 사면향별 일사량과 산불발생지점과의 상관성 분석을 실시하였다. 그 결과, 일사량이 높은 사면일수록 산불발생이 많이 나타나는 것으로 분석되었다. 이에 본 연구내용을 바탕으로 태양복사에너지에 따른 산불발생 및 확산 위험성에 관한 연구를 체계적으로 수행하고 특히 이른 봄철 강설에 의한 사면향별 적설지역 관별에 활용되어 산불위험성 평가에 과학적인 접근방법을 제시할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 산림청, “2011년 산불통계연보” 산림청(2011).
2. William C. Teie, "Firefighter's handbook on wildland firefighting, Strategy, Tactics and Safety" 2nd edition(2002).
3. 김동현, “산불발생 초기형태 구명 및 뒷불재발화 관리기술 연구”, 국립산림과학원(2010).
4. 신선희, 이영선, 하경자, “중규모 기상모형에서 지표면 경사를 고려한 직달 보사량의 효과” 한국지리정보학회지9권 4호(2006).
5. 박순웅, 윤일희, “Diurnal and Seasonal Variations of Radiative Fluxes on Inclined Surfaces” J. of Korean Met. Society 23(3):40-53(1987).
6. 이훈, 김성실, 박승익, “일사량 산정 기법의 적용” 건축기술연구소 논문집 제17권 제2호(1998)
7. 조일성, 지준범, 이원학, 이규태, 최영진, “복사모델에 의한 남한의 지표면 태양광 분포” 한국기후변화학회지 Vol. 1, No. 2, pp. 147-161(2010).