

실험분석을 통한 지표화 방화선 구축 폭 평가

김동현

산림청 국립산림과학원 산림방재연구과

Estimating Width of Firebreak through Experiment Method on Surface Fire

KIM, Dong Hyun

Korea Forest Research Institute

요 약

산불의 확산형태 중 지표화 확산을 방지하기 위해 대표적인 진화방법으로는 방화선을 구축하는 것이다. 지표화는 산림의 연료층 낙엽층, 잔가지 등 지표면의 연료층이 열분해되면서 확산되기 때문에 방화선 구축을 통해 연료층을 제거하면 지표화 확산을 저지할 수 있다. 하지만 방화선 구축 폭에 따라 산불확산 방지 효과가 크게 달라질 수 있으므로 적절한 방화선 구축 폭을 설정하여야 한다. 본 연구에서는 적정 방화선 구축 폭을 살펴보기 위해 풍동시험장치를 이용하여 풍속 0, 1, 2, 3m/s조건에서 지표화 화염으로부터 이격 거리에 따른 온도증정과 함께 방화선 구축 폭에 따른 확산가능 여부를 평가하였다. 50cm폭의 소나무 낙엽에 대한 풍속별 지표화 방화선 구축 실험결과, 풍속 3m/s에서 화염으로부터 소나무 낙엽의 착화온도인 311℃에 도달하는 거리가 약 0.65m로 나타났고 풍속이 낮을수록 착화온도 도달거리가 줄어드는 것을 알 수 있다. 실제 0.6m 방화선 구축의 경우, 화염이 계속 확산되었고 0.65m이상의 방화선 구축시에는 화염확산이 이루어지지 않았다. 따라서 향후, 수치해석을 이용한 열유속 평가 결과와 함께 본 연구의 실험결과와 비교평가 함으로써 지표화 산불확산 방지를 위한 적정 방화선 구축 폭 산정을 평가하고자 한다.

1. 서 론

산불 지표화 진화를 위해 실시하는 방화선 구축은 지표 연료층 제거를 통한 제거 소화 방법이다. 방화선 구축 폭을 얼마나 적절하게 설정하였느냐에 따라 확산 방지의 성패가 결정되고 산불진화원의 효과적인 운영이 가능하다. 우리나라에서의 방화선 폭은 0.5~1.5m의 너비로 구축하고 있다. 현재 산불현장에서 활용되고 있는 방화선 구축 폭은 경험을 토대로 제시된 것으로 열전달 수치해석 또는 실험분석을 통해 과학적인 방법에 의한 방화선 구축 폭은 제시되지 않았다. 선행 연구된 수치해석 기법을 이용한 열전달 분석을 통한 방화선 구축 폭 산정 결과를 살펴보면, 낙엽층 화선 2.7m에 대한 풍속(0-5m/s), 경

사조건(0~50°)을 적용하였을 때 방화선 구축 폭은 최소 0.75m 최대 1.05m로 산정되어 안전율을 고려한 방화선 구축 폭은 최대화염 높이를 적용한 1.05m로 나타났다(김동현, 2010). 본 연구에서는 산불조심기간의 건조한 소나무 낙엽층 0.5m화선에 대해 0~3m/s의 풍속조건상 실험을 실시하여 거리별 온도분석 및 지표연소물 착화가능성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 연구범위 및 제한사항

본 연구에서 지표화 방화선 구축 폭 평가는 소나무 낙엽층을 대상으로 실시하였다. 일반적으로 참나무류 낙엽보다 소나무 낙엽이 발열량과 화염높이가 높기 때문이다(김동현, 2009). 또한 본 연구에서는 경사조건에 대해서는 방화선 구축 폭을 평가하지 않고 풍속에 대해서만 진행하였다. 그 이유는 풍속에 따른 화염 기울기가 경사에 의한 화염기울기에 비해 많이 기울고 이로 인해 복사열이 훨씬 많이 전달됨으로 풍속 조건에 대해서만 평가하여도 경사조건에 화염특성 변화를 수렴하기 때문이다(김동현 2010).

2.1 실험조건

지표화 방화선 구축 폭에 대한 실험은 그림 1과 같이 풍동시험장치에서 폭 0.5m, 길이 2.2m의 연소시험판에 0.1m간격으로 K-type 열전대를 설치하여 온도를 측정하였다. 낙엽 연료 조건은 표 1과 같이 봄철 소나무 낙엽의 수분함유량 약 13±2%로 실시하였고 풍속 0~3m/s 범위에서 0.5m/s단위로 6조건에 대해 실시하였다.

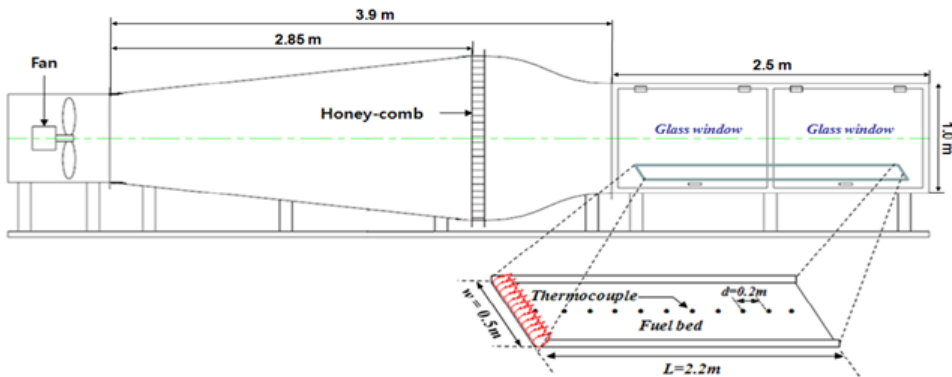


그림 1. 방화선 구축 폭 산정을 위한 지표화 연소시험 풍동장치

표 1. 소나무 낙엽층 연료 특성

Fuel	Fuel density (kg/m ³)	FMC (%)	Fuel depth (m)
<i>P. densiflora</i> fallen lives	20	13±2	0.1

2.2 측정방법

그림 2에서 보이는 바와 같이 연소시험관에 낙엽층 연료를 화선 0.50m, 폭 0.50m으로 연소시키고 지표화 방화선을 구축한 것을 가정하여 연료가 없는 구간에 대해 지표화로 연소되는 소나무 낙엽층으로부터 0.1cm 간격으로 K-type 열전대를 설치하여 지표화 화염으로부터 온도를 측정하였다. 또한 그림 2와 같이 실제 방화선 구축 폭을 5cm 단위로 지표화 연소되는 낙엽층으로부터 이격거리를 두어 화염전이가 발생하지 않는 이격거리를 관찰을 실시하였다. 여기서 방화선 구축 후 화염전이 여부 관찰에서 적용된 조건은 실험최대 풍속인 3m/s에 대해서만 적용하였다. 그 이유는 3m/s이내의 풍속조건을 모두 수렴하기 때문이다.



그림 2. 지표화 화염 방화선 구축 연소실험 장면(풍속조건 : 3m/s)

3. 결 과

3.1 온도분포

지표화 방화선 구축폭에 따른 지표화 화염으로부터 이격거리별 온도분포는 그림 3과 같다. 각 풍속별 온도분포도를 보면 전체적으로 이격거리에 따라 온도값이 낮아지는 반비례관계를 알 수 있고 풍속이 높을수록 온도분포가 높게 측정되었다. 풍속 조건 3m/s에서의 최고온도는 화염이 붙은 말단 낙엽층으로부터 0.2m 떨어진 위치에서 748℃를 기록하였다. 이는 말단 낙엽층과 가까운 0.1m의 730.7℃보다 높은 수치로 화염각 기울기에 의해 전체 화염으로부터 받는 수열 온도가 0.2m지점이 가장 높은 것으로 나타났다. 그림 3의 온도분포 결과에서 이격거리 0.1m부터 소나무 낙엽층의 발화온도인 311℃에 도달하는 풍속은 최소 1m/s 이상으로 나타났다. 각 풍속별 착화온도인 311℃에 도달하는 최대 거리는 무풍과 0.5m/s에서는 해당사항이 없으며 1m/s, 1.5m/s, 2m/s, 2.5m/s, 3m/s의 풍속별로 각각 0.1m, 0.3m, 0.45m, 0.5m, 0.65m로 측정되었다.

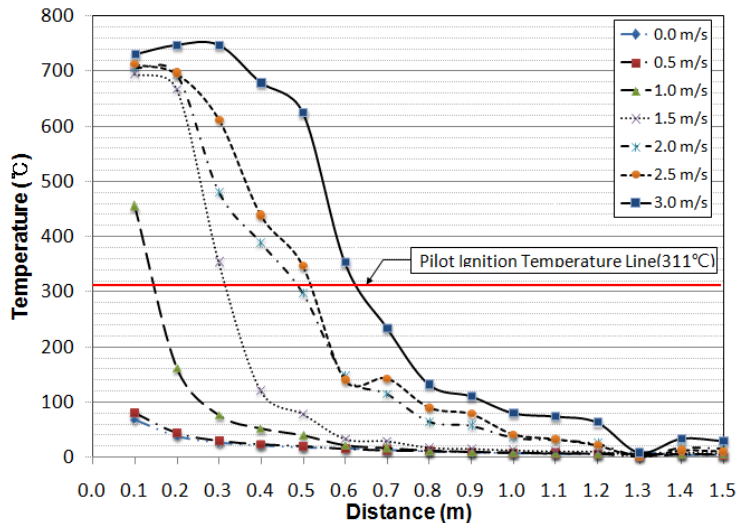


그림 3. 풍속에 따른 지표화 화염 연소물질로부터 이격거리에 따른 온도 분포

3.2 화염전이 착화 여부

풍속 3m/s 조건에서의 방화선 구축 폭에 따른 화염전이 착화여부에 대한 실험결과, 0.65m 방화선 구축시에는 착화에 의해 화염이 전이되었고 0.65m 이상 방화선 구축시에는 화염전이로 인한 확산이 이뤄지지 않았다.

4. 결 론

방화선 구축 폭 산정을 위한 실험분석 결과, 풍속 3m/s 조건에서 착화가능온도인 311°C 가 측정된 이격거리가 0.65m로 가장 멀리 나타났으며 방화선 구축 화염전이 여부에서도 0.6m의 방화선 구축에서는 화염전이가 발생하였고 0.65m 방화선 구축시에는 화염전이가 발생하지 않아 동일 조건의 경우, 최소 0.65m 이상 방화선 구축이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 산림청 산림인력개발원 (2005). 산불진화대원 진화지침. p. 36.
2. 김동현 (2009). 낙엽층 화염높이 산정에 관한연구. 한국화재소방학회논문지, 한국화재소방학회 제23권, 제6호. pp. 365-371.
3. 김동현 (2010). 복사열전달 수치해석을 통한 지표화 방화선 구축 폭 산정에 관한 연구. 한국방재학회논문집 제10권, 제6호. pp. 59-64.
4. Andreww A. G. Wilson (1988). Width of firebreak that is necessary to stop grass fires: some field experiments. Canadian Journal of Forest research. 18(6): pp.682-687.
5. NWCG (2004). Fireline handbook. A publication of the national wildfire coordinating group PMS 410-1 NFES 0065. pp. 437.