

**A-10**

## 지표화 연료의 경사 및 풍속에 관한 연구

김장환 · 김응식 · 이명보\* · 김동현 \* · 박형주 \*\*

호서대학교 안전보건학과, 국립산림과학원 산불연구과\*, 호원대학교 소방행정학부\*\*

### The Study on Slope and Wind of Surface Fire Fuel

Kim, Jang Hwan · Kim, Eung Sik · Lee, Myung Bo \* ·  
Kim, Dong Hyun \* · Park, Hyung Ju \*\*

#### 요 약

본 연구에서는 침엽수종인 소나무 낙엽과 활엽수종인 굴참나무 낙엽을 실내 모의실험 장치(Fuel bed)를 이용하였다. 연소구간은 1m이며, 낙엽의 두께는 5cm로 일정하게 유지하였으며, 경사도 0°, 10°, 20°, 30°의 경사도에 대한 실험과 연소구간에서의 풍속은 이들의 대표값으로 평균 풍속값은 다음과 같이 0.75m/s(1m/s), 1.4m/s(2m/s), 2.5m/s(3m/s)로 실측하여 실험하였다.

따라서 본 연구에서는 실내 모의실험장치(Fuel bed)를 이용하여 경사도에 대한 실험과 평균풍속 실험을 통하여 실내 연료의 지표화에서 수관화로의 전이특성을 구명하고 산불피해 저감에 기여코자 한다.

#### 1. 서 론

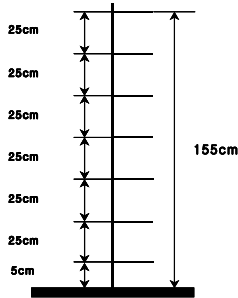
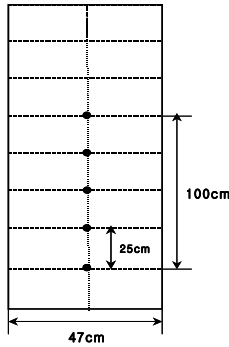
전 국토의 70%가 산지이며, 이중 97%가 임목지인 우리나라의 임상은 불에 취약한 침엽수가 약 45%, 활엽수, 잡목으로 이루어져 있어 특히 가을철에 가연성 낙엽이 많이 쌓여 이듬해 봄철에 산불이 많이 발생하고 있다. 초기 산불형태인 지표화로 시작하여 수관화로 전이 되어 대형 산불로 확산되는 중요한 인자인 풍속 및 경사도에 대한 기초연구가 부족한 현실이다. 실제 산불의 확산을 예측하기는 매우 어렵기 때문에 실내 실험을 통하여 자료를 취득하는 것이 일반적인 상황이다. 실내 모의실험을 통한 기초 자료를 축적함으로써 체계적이고 과학적인 산불방제기술을 수립하고자 한다.

#### 2. 실험장치 및 방법

##### 2.1 실험장치

지표화의 경사도 및 풍속 연소실험 장치는 그림 1.과 같이 제작하였으며, 실험 구간은 1m,

낙엽은 5cm로 하였으며, 온도를 측정하기 위해 고감도의  $\varnothing 1.6\text{mm}$  K-type 열전대 35개를 그림 1.과 같이 배치하였다. 실험도중 정확한 온도의 측정을 위하여 열전대의 그을음(Soot)을 제거



a) 열전대 위치  
b) 연소실험 장치  
그림 1. 경사도 및 풍속에 따른 연소실험 장치 및 열전대의 위치

하면서 실험하였다. 풍속 실험은 터널식 방 구조에서 간이풍속 장치를 이용 풍속을 조절하여 실험하였다. 데이터 수집은 DAQ(Data Acquisition)를 이용하여 1초 단위로 측정 분석하였다.

## 2.2 실험방법

실험 연소구간은 1m이며, 낙엽의 두께는 5cm로 일정하게 유지 하였다. 경사도는  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ 이며, 공간적인 제약으로 인하여  $30^\circ$ 이상은 실시 못하였다. 연소구간에서의 발화점의 풍속은 1m/s, 2m/s, 3m/s로 간이풍속장치로 풍속을 조절 하였다. 연소구간에서의 풍속은 그림 2.와 같이 변화하게 되는데 이들의 대표값으로 평균 풍속값을 사용하여 반복 실험하였다. 평균 풍속값은 다음과 같이 0.75m/s(1m/s), 1.4m/s(2m/s), 2.5m/s(3m/s)로 실측하여 실험하였다. 또한 풍속은 높이에 따라서 변하게 되어 지표면에서의 풍속은 급속하게 감소하며 그 측정값 또한 구하기 힘들다. 본 실험에서는 최대 화염길이의 중간 부분인 지표면에서 50cm 지점에서의 평균 풍속값을 대표값으로 측정하여 사용하였다.

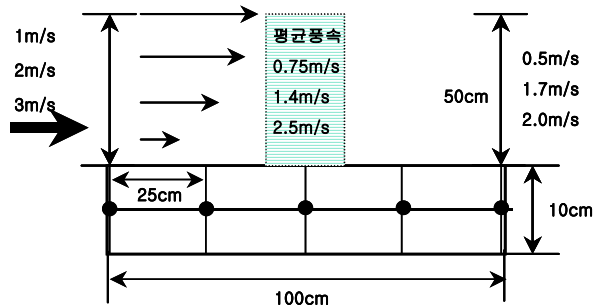


그림 2. 풍속의 변화

### 3. 실험결과

#### 3.1 경사도에 따른 확산속도

그림 3.은 경사도에 따른 확산속도로 경사도가 0°~30° 증가 시 침엽수종의 확산속도는 약 2.4배 정도 빠르게 측정되었으며, 활엽수종의 확산속도는 약 2.5배 빠르게 측정되었다. 경사도 증가 시 확산속도는 침엽수종은 활엽수종에 비해 약 2배 정도 차이가 난다.

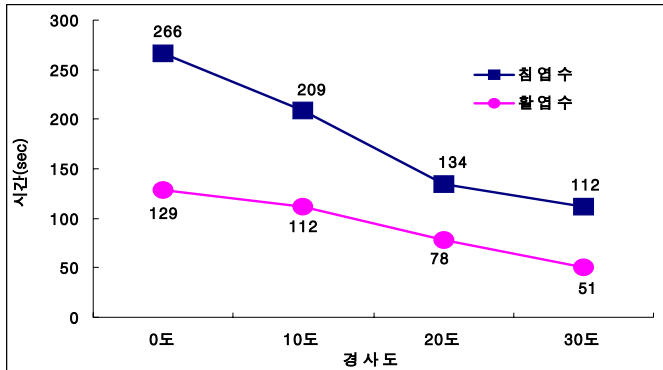


그림 3. 경사도에 따른 확산속도

#### 3.2 경사도에 따른 화염 높이

그림 4.은 경사도에 따른 화염높이로 연소구간 0.5m 지점의 최대 화염높이로 약 0.6~1m이며, 경사도에 큰 영향을 받지 않고 일정한 경향을 보이고 있다. 하지만 이는 지표면에서의 수직방향 최대 화염높이이며, 그림 7.에서와 같이 최대 화염길이는 경사도가 증가할수록 증가하고, 연소면 길이 또한 경사도가 증가하면 길어진다. 이로 인하여 확산속도가 증가한다.

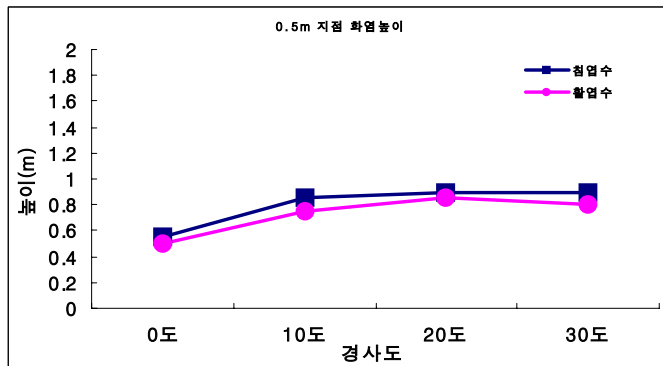
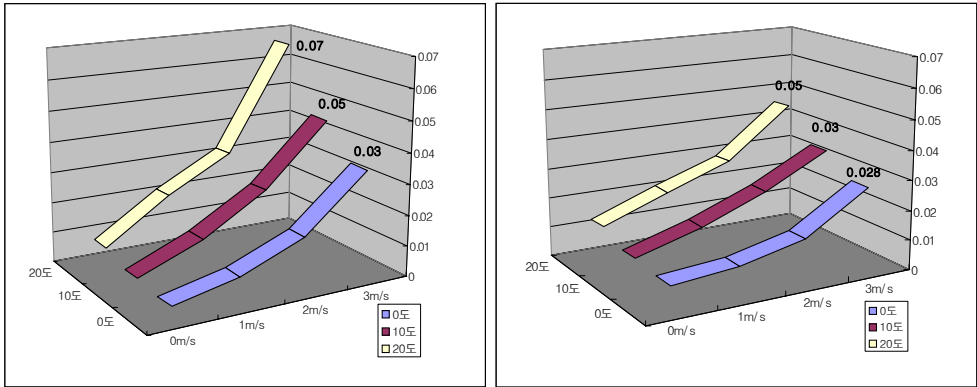


그림 4. 경사도에 따른 화염높이

#### 3.3 풍속 및 경사도에 따른 확산속도

그림 5.은 풍속 및 경사도에 따른 확산속도로 풍속 및 경사도가 증가 하면서 확산속도

는 증가하는 것으로 측정되었으며, 풍속과 경사도가 증가하면서 침엽수가 활엽수보다 확산속도가 최대 1.4배 증가하는 것을 알 수 있다.



a) 침엽수 b) 활엽수

그림 5. 풍속 및 경사도에 따른 확산속도

### 3.4 풍속 및 경사도에 따른 최대 화염 높이

그림 6은 풍속 및 경사도에 따른 최대 화염높이로 풍속이 1m/s(평균풍속 0.75m/s)에서 침엽수가 활엽수에 비해 약간 높게 관찰 되었으며, 풍속이 증가하여, 3m/s(평균풍속 2.5m/s)의 풍속에서는 침엽수의 최대 화염높이는 1m에서보다 낮게 측정 되었다. 전체적으로 화염높이는 경사도에 큰 영향은 받지 않았으며, 풍속이 증가하면서 화염의 높이는 감소하는 경향을 보였다.

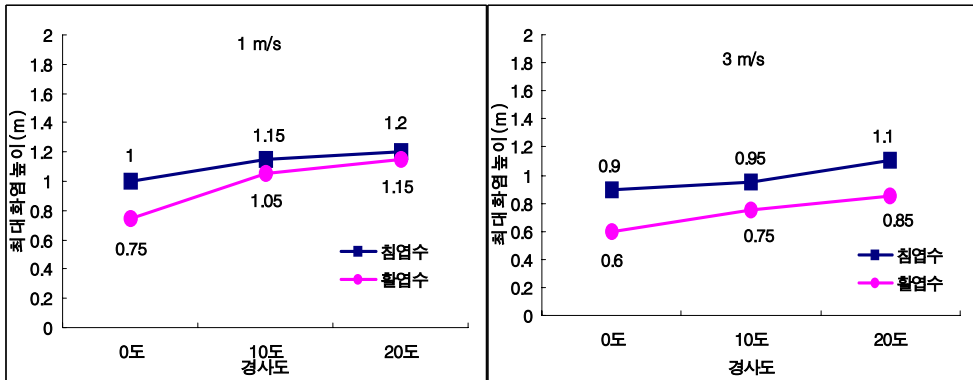
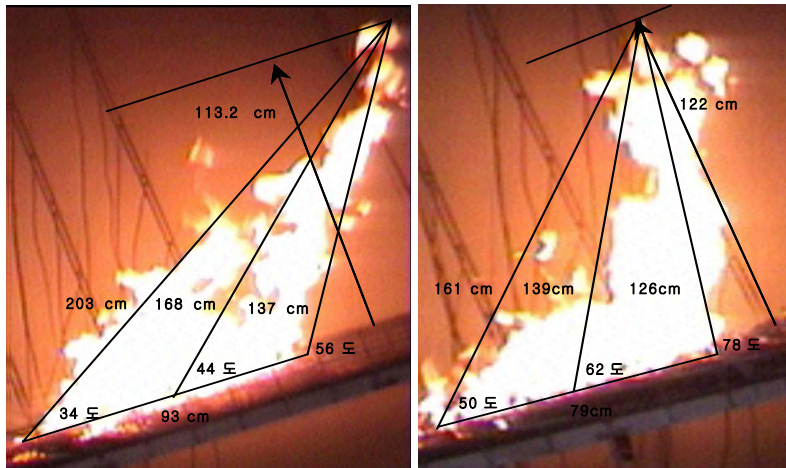


그림 6. 풍속 및 경사도에 따른 최대 화염높이

그림 7은 경사도 20°- 1m/s(평균0.75m/s)의 경우 최대 화염 높이를 보여주는 그림이다. a)와 b)에서처럼 최대화염높이는 약 1.1~1.2m로 측정되었지만, 최대 화염길이는 약 1.6~2m로 관측된다. 연소면의 길이는 약 0.8 ~0.9m로 관측되었고, 침엽수의 연소면 길이가 활엽수보다 길게 관측 되었다.



a) 침엽수

b) 활엽수

그림 7. 경사도 20°-풍속 1m/s(평균0.75m/s) 최대 화염 높이의 예

#### 4. 결 론

본 연구를 통하여 경사도 및 풍속에 관한 다음과 같은 결과를 도출 할 수 있었다.

- 1) 경사도에 따른 지표화의 확산속도는 증가하는 것을 알 수 있다.
- 2) 지표물이 낙엽인 경우에, 경사도가 증가 시 최대화염높이(지표면에서 수직성분높이) 1.2m 이상으로 증가하지 않는 것으로 측정되었다. 하지만 연소면적이 증가하므로 확산 속도 및 최대 화염길이 증가한다.
- 3) 결론 2)을 고려하여 지표연료로써 낙엽과 지하고 1.5m이상인 나무만 존재하는 이상적인 임내를 가정 한다면 수관화로의 전이는 없다고 판단된다.
- 4) 풍속이 0 m/s인 경우로 경사도에 따른 확산속도가 0°~30°에서 침엽수와 활엽수의 확산속도는 약 2배정도 차이가 난다. 하지만 풍속이 존재할 경우 침엽수의 확산속도가 활엽수에 비해 빠르다는 것을 확인 하였다.
- 5) 경사도에 따른 화염높이로 연소구간 중 최대화염높이는 약 1~1.2m를 보이고 있으며, 경사도에 큰 영향을 받지 않고 일정한 경향을 보이고 있다. 하지만 이 길이는 지표면에서의 수직방향 최대 화염높이이며, 최대 화염길이는 경사도가 증가 할수록 증가하고, 연소면 길이 또한 경사도가 증가하면 길어진다.

## 참고문헌

1. 김장환, 김응식, 박형주, 이명보, 김동현 (2008). “지표화 연료의 열량분석에 관한 실험방법 연구”, 한국화재소방학회 논문지
2. 박형주, 김응식, 김동현 (2007). “복사열을 이용한 소나무와 굴참나무 낙엽의 연소특성 분석”, 한국화재소방학회 논문지.
3. 김장환, 김응식, 이명보, 김동현, 박형주(2006). “원통형 지표화 연료의 연소 및 화염의 특성 연구”, 추계한국안전학회.
4. 김응식, 이시영, 김홍, 송중훈, 김수영 (1998). “유동장 해석을 통한 산불확산예측프로그램의 개발”, 한국임학회지.
5. 김동현, 이명보, 강영호, 이시영 (2006). “지표물질 착화성 실험을 통한 발화위험성 분석”, 한국방재학회.
6. 채희문, 이찬용 (2003). “산불 확산에 영향을 미치는 임지내 산림연료와 경사도에 관한 연구”, 한국농림기상학회지.
7. 채희문, 이찬용 (2003). “모의실험에 의한 풍속변화에 따른 산불 확산속도와 강도 분석”, 한국농림기상학회.
8. J.L. Dupuym, J. Marechal, D. Morvan (2003). “Fires from a cylindrical forest fuel burner : combustion dynamics and flame properities”, combustion and flame.
9. James G. Quintiere (2004). "Enclosure Fire Dynamics", Delmar Publishers
10. B.J. McCaffrey (1979). "Purely Buoyant Diffusion Flames: Some Experimental Results", National Bureau of Standards Report No NBSIR79-1910