

## 양양산불 확산특성 사례조사 연구

김동현\*, 원명수, 이명보  
국립산림과학원 산불연구과

**A case study of forest fire spread in Yangyang**  
Dong Hyun Kim, Myoung Soo Won, and Myung Bo Lee  
*Division of Forest Fire, Korea Forest Research Institute*

### 1. 서론

최근 우리나라 산불은 1996년 4월에 발생한 고성산불(3,762ha), 2000년 4월 동해안 산불(23,794ha), 2002년 서해안 지역인 청양·예산산불(3,095ha) 등과 같이 대형화 추세에 있다. 또한 30ha이상의 대형산불이 과거 동해안 지역뿐만 아니라 중부내륙 및 서해안 지역에서도 발생하고 있어 전국적으로 대형화하는 경향이다. 특히, 이번 2005년 4월 4일 발생한 양양산불은 피해규모에 비해 문화재 및 가옥의 소실로 인한 막대한 피해를 가져왔다. 본 연구에서는 양양산불의 사례를 통하여 산불확산특성을 분석하고 산불현장에서 쉽고 간단하게 활용할 수 있는 산불확산간이조건표를 작성, 산불의 진행속도 및 확대규모 예측을 통한 진화 전략 및 계획 수립 등 진화현장에 활용할 수 있게 개발하였다. 또한 이러한 산불확산간이조건표를 활용하여 2005년 4월 5일 양양에서 발생된 산불확산속도를 비교분석 하였다.

### 2. 양양산불 피해상황

2005년 4월 4일 23시 53분에 발생한 양양산불은 973ha의 산림면적을 태우며 건축물 470동, 농작물, 차량 등 많은 피해를 야기 하였다. 특히 낙산사 대웅전인 원통 보전과 홍예문, 요사채, 해수관음전 등 목저 건물 13동과 보물 479호인 낙산사 동종, 칠증석탑 등 11점의 문화재까지 화마에 소실되었다. 산불발생 당시 순간 최대풍속 22.5m/s의 강풍주의보가 발령되었으며, 상대습도가 25%내외로 매우 건조한 상태였다. 지형은 해발 180m이하의 해안 구릉성 산지로 임상은 그림 1과 같이 산불피해지의 95%이상이 소나무 단순림으로 구성되어 있다.

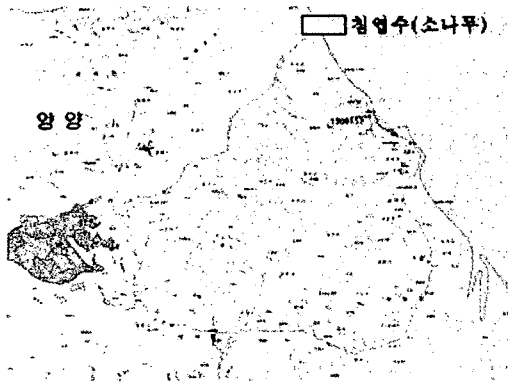


그림 1. 양양산불지역 침엽수 분포도

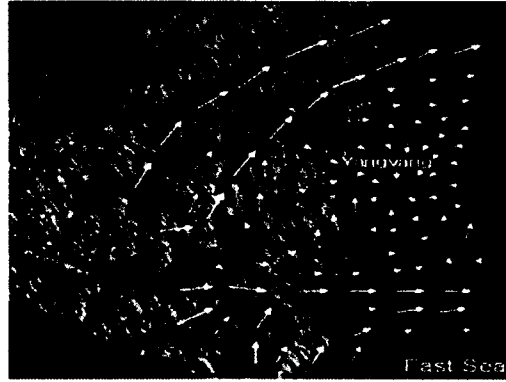


그림 2. 양양산불지역 바람장(4월 5일 AM11)

### 3. 양양산불 확산특성 분석

#### 3.1. 산불확산간이조건표 개발

산불확산예측 프로그램의 개발 및 실용화에 앞서 산불현장에서 쉽고 간단하게 활용할 수 있는 간이확산조건표를 작성하여 산불의 진행속도 및 확대규모 예측을 통한 진화 전략 및 계획 수립 등 진화현장에 활용할 수 있게 개발하였다. 간이확산조건표 작성을 위해 2000년 이후 33개소 산불지역에 대한 사례조사를 통하여 피해면적, 연소시간, 평균풍속, 수관층 풍속 등 4인자를 통계분석을 통하여 산불확산 관계식(식 1, 2)에 적용하여 풍속별 산불확산속도를 도출할 수 있게 표 1과 같이 풍속-확산속도 관계도표를 개발하였으며 풍속별 확산거리에 따른 확산폭을 예측할 수 있게 비율식을 적용하여 제시하였다(식 3). 특히, 순간적인 강풍의 발생으로 인한 산불확산적용을 위하여 최대확산속도 적용을 통한 급속한 산불확산속도를 구할 수 있는 최대산불확산 속도 조건을 제시하였다. 순간최대 산불확산속도 적용시 고려사항으로 침엽수림의 상향사면으로 최대풍속이 9m/s 이상이며, 주능선 방향과 풍향이 일치하는 조건을 모두 만족할 경우 순간최대 산불확산속도를 적용하였다.

$$R_L = \frac{37.2785}{(1 + 38.2874e^{(-0.1548 \times U)})} \quad \text{식 1)}$$

$$R_{Lmax} = \frac{37.2728}{(1 + 38.2874e^{(-0.2365 \times U)})} \quad \text{식 2)}$$

$$DW_R = 7.62 + 6 \cos(0.08U + 3.37) \quad \text{식 3)}$$

$R_L$  : 평균확산속도(km/h),  $R_{Lmax}$  : 최대확산속도(km/h),  $DW_R$  : 확산거리/폭 비율,

$U$  : 평균풍속(m/s),

표 1. 산불확산예측 간이조건표

산불확산간이조건표								
평균 풍속 (m/s)	확산속도 (km/h)		확산폭 계수* (1/DW <sub>R</sub> )	평균 풍속 (m/s)	확산속도 (km/h)		확산폭 계수 (1/DW <sub>R</sub> )	
	R <sub>L</sub>	*R <sub>Lmax</sub>			R <sub>L</sub>	R <sub>Lmax</sub>		
0.0	0.9	-	0.6	8.0	3.1	5.5	0.3	
0.5	1.0	-	0.5	8.5	3.3	6.1		
1.0	1.1	-		9.0	3.5	6.7		
1.5	1.2	-		9.5	3.8	7.4		
2.0	1.3	-		10.0	4.1	8.1		
2.5	1.4	-		10.5	4.4	8.9		
3.0	1.5	1.9		0.4	11.0	4.7	9.7	0.2
3.5	1.6	2.1	11.5		5.0	10.6		
4.0	1.7	2.3	12.0		5.3	11.5		
4.5	1.9	2.6	12.5		5.7	12.5		
5.0	2.0	2.9	13.0		6.1	13.5		
5.5	2.1	3.3	13.5		6.5	14.5		
6.0	2.3	3.6	0.3	14.0	6.9	15.6		
6.5	2.5	4.0		14.5	7.4	16.6		
7.0	2.7	4.5		15.0	7.8	17.7	0.1	
7.5	2.9	5.0		※ 확산폭 = 확산폭 계수 × 확산거리				

※ R<sub>L</sub> : 평균확산속도 (km/h), R<sub>Lmax</sub> : 순간최대확산속도 (km/h)

### 3.2 산불확산예측 간이조건표에 의한 양양산불 확산특성 분석

청양·예산, 강원 속초, 강릉 옥계, 경남 김해, 경북 대구 등 기존 2002~2004년간의 주요산불에 대하여 간이확산조건표 적용성 검토를 실시한 결과, 5~20%내외의 오차결과 값을 나타내었다.

표 2. 산불확산 간이조건 · 실측비교표

구분	지역	청양예산	강원속초	강릉옥계	경남김해	경북대구
	피해면적 (ha)		3,095	237	430	110
평균풍속 (m/sec)		10.2	6.2	4.5	2.1	2.5
연소속도 (km/h)	실측	4.5(8.8)	2.1	2.0	1.0	1.2
	예측 평균 (순간최대)	4.2 (8.0)	2.3 (3.7)	1.9 (2.6)	1.3 (-)	1.4 (-)
호주 간이조건표	연소속도 (km/h)	2.5~4.5	1.5~3.0	1.0~2.5	0.6~1.0	0.6~1.0

※ 러시아 산불확산속도 : 지표화 0.25km/h, 수관화 0.3~1.5km/h, 비화 4~5km/h

05년 4월 4일 23시 53분, 양양군 화일리에서 발생한 대형산불의 현장조사를 통한 실제 산불확산속도 및 인근 강현 AWS(자동기상관측소) 기상자료를 바탕으로 간이조건표 확산속도의 분석결과, 실제 및 산불확산간이조건표 적용 확산속도는 1차 산불확산의 경우, 그림 2와 같이 각각 0.7~1.0km/h, 1.5~2.3km/h로 조사·분석되었고 2차 산불확산의 경우, 그림 3과 같이 각각 4.0km/h, 4.1km/h로 조사·분석되었다. 1차 산불확산의 경우 간이조건표가 약 2~2.3배 빠른 확산속도를 나타내었으며 2차 산불확산의 경우 비슷한 산불확산속도를 나타내었다. 이는 1차 확산의 경우 그림 3에 보여지는 바와 같이 발화지점으로부터 해안까지 구릉성 산지와 일부 논·밭두렁 지역의 비연속 지형이 있어 실제 산불확산속도 보다 예측확산 속도값이 2.8배 빠르게 나타난 것을 알 수 있다. 2차 산불확산의 경우에는 그림 4에 보여지는 바와 같이 풍향과 주능선이 일치한 산불확산이 용이한 지형때문인 것으로 판단된다. 따라서 1차 산불확산에서의 약 3배 가까운 확산속도 차이를 해결하기 위해서는 지형-야간산불 특성이 미치는 영향 등에 대한 연구수행을 통해 보다 정확한 산불확산 조건표를 만들 수 있을 것으로 사료된다.



그림 3. 양양산불 확산속도 비교분석(1차 산불확산)



그림 4. 양양산불 확산속도 비교분석(2차 산불확산)

### 3. 결론

양양산불 사례조사결과, 봄철 강원도 동해안 지역의 기후특성으로 인해 최대 확산속도가 4.0km/h로 다른 지역의 산불에 비해 약 2배가량 높은 확산속도를 나타내었으며 산불 확산간이조건표 작성을 통하여 산불의 진행속도 및 확대규모 예측을 실시한 결과, 중대형산불의 경우 약 20%내외의 오차결과 값을 나타내었다.