

## 동해안 산불과 기상

임 주 훈

임업연구원 산림생태과

(2000년 6월 8일 접수)

## Forest Fire and Meteorology of Eastern Korea

Joo-Hoon Lim

Division of Forest Ecology KFRI

(Manuscript received 8 June 2000)

### 1. 동해안 산불 개요

2000년 4월 6일 강원도 고성군 현내면에서 발생한 산불을 필두로 4월 7일 고성군, 강릉시, 삼척시에서 동시다발적으로 산불이 발생하였다. 4월 15일까지 지속된 산불발생기간동안 동해안 지역은 순간최대풍속 25 m/sec에 가까운 강풍으로 인해 산불이 급속히 확산되어 총 23,448 ha에 달하는 산림이 불과 9일만에 소실되었다. 이로 인한 임목 피해액은 60,639백만원, 단기소득피해액은 3,258백만원(송이 2,369백만원)에 달한다(임업연구원 2000).

금년도의 산불기상은 매우 열악한 상태였다. 2월 15일부터 시작된 장기간의 건조와 강풍현상이 강원도 전역에 걸쳐 일어났으며 동해안지역 봄철 특유의 특수기상(야간강풍, 일정치 않은 풍향)으로 인해 중·소형 헬기에 의한 공중진화가 불가능하였다. 또한 동시다발적

인 산불로 인해 지방관서에서 비축하고 있던 진화장비는 절대적으로 부족하였다. 한편 입도 시설의 부족이나 진입로의 협소 등으로 인하여 산불진화차량, 진화대원, 진화장비의 수송이 곤란하였다. 따라서 산불은 자연적인 상태에서 계속 확산되었다.

### 2. 산불의 원인

우리 나라의 산불은 봄철에 많이 발생한다(Table 2). 최근 5년간의 산불발생건수를 계절별로 비교해 보면 봄철(3~5월)에 평균 284건으로 전체발생건수의 63%를 차지하며 겨울 136건(30%), 가을 29건(6%), 여름에 4건(1%) 순이다(산림청 1999). 등산객 등 입산자의 증가와 무분별한 농산 폐기물 소각, 논·밭두렁 태우기 때문에 봄철 산불발생건수가 많다(산림청 1996).

강원도 고성군으로부터 삼척시까지 태백산맥 동쪽에

Table 1. Survey results of the forest fire in middle-eastern part of Korea

City	Ignition	Burning Period	Burning characteristics	Maximum wind velocity (m/sec)	Area burned (ha)
Kosung	6,7,11 April 2000	4 days	speedy enlargement	26.8	2,696
Kangneung	7,11 April 2000	2 days	speedy enlargement	24.5	1,447
Donghae	12 April 2000	3 days	speedy enlargement	23.7	2,244
Samcheck	7,10 April 2000	9 days	spot fire and speedy enlargement	23.7	16,751
Uljin	10 April 2000	2 days	speedy enlargement	18.0	310

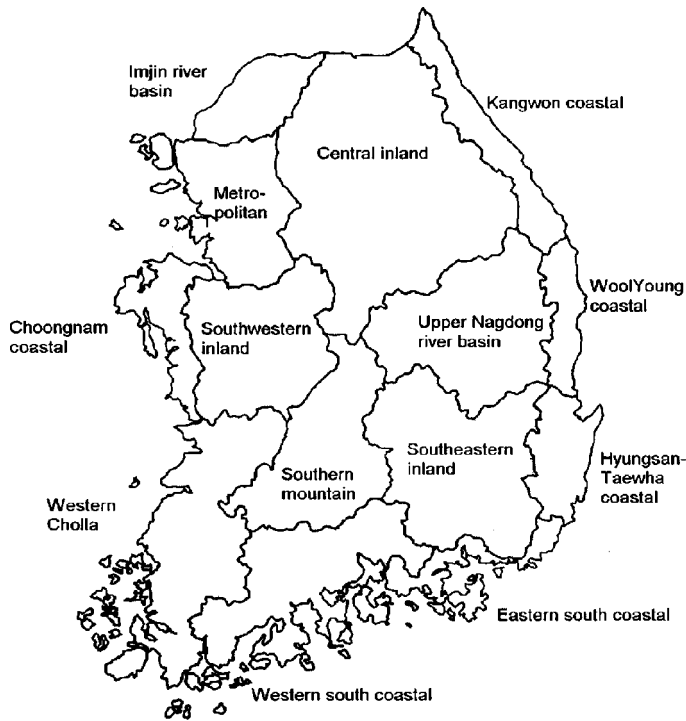


Fig. 1. Ecoregions of South Korea(Shin *et al.* 1999).

Table 2. Seasonal forest fire occurrence in Korea

Year	Season	Total	Spring (March~May)	Summer (June~August)	Autumn (September~October)	Winter (December~February)
Mean	Occurrence	452	284	4	29	136
	%	100	63	1	6	30
'95		630	414	2	27	187
'96		527	326	3	12	186
'97		524	310	7	79	128
'98		265	171	1	14	79
'99		315	197	5	14	99

위치한 동해안 지역은 생태계 구분 체계 중 100~10,000 km<sup>2</sup> 범위를 나타내는 생태지역(ecoregion) 규모에 있어서 ‘강원해안(Kangwon coastal)’ 생태지역으로 분류되고 있다(Shin *et al.* 1999). 이 지역의 기후 특성은 여름에 서늘하고 겨울에 따뜻하며 겨울의 강수량은 많으나 봄, 여름의 강수량은 적다. 따라서 식생으로는 소나무림이 우점하고 있으며 봄철의 건조현상 때문에 산불피해가 대규모로 발생하는 곳이다(Fig. 2). 금년 들어 동해안 지역의 봄철건조현상은 2월 15일부터 건조주의보를 발령할 정도로 심각하였고 장기간 지

속되었다.

산불 발생위험예보에 있어서는 이미 2월초부터 ‘위험’ 당계를 발령하고 있었다. 산불발생 위험예보는 기상자료와 산불위험예측식을 이용하여 濕度測定棒의 수분함유량을 산출하고 이를 산불발생危險指數(Forest Fire Danger Index)로 산정하여 이 위험지수를 각각 2단계(위험, 경계)로 구분, 전국에 예보하는 제도이다. 산불 발생 위험지수의 산출은 기상청에서 발표하는 기상개황, 지역별 예보(육상), 산업기상자료, 전국의 기상실황, 주간예보 등의 기상자료를 통하여 운량, 실효습도, 적



Fig. 2. Large scale forest fire in Korea(1980~1999).

산일사량, 최고기온, 강수량 등의 기상인자를 이용하여 월별로 만들어진 예보식에 각각 대입하여 濕度測定棒 무게(연료습도)를 산출하고 산출된 습도측정봉 무게(연료습도)를 산불위험지수로 환산한다. 이러한 방법은 Deeming이 Ponderosa 소나무로 만든 연료 습도측정봉(Fuel Moisture Stick)을 이용한 地被物의 건조과정 예측법에 기초하고 1978년 NFDRS(National Fire Danger Rating System)를 개량하여 산불위험도 측정에 실용화한 것을 응용한 것이다.

**3. 바람 - 산불확산의 주요인**

일단 발화가 되면 산불의 확산 방향이나 속도는 주로 바람에 의해 영향을 받는다. 동해안 지역은 특히 유사핀(föhn)현상(김용상과 홍성길 1996)에 의해 봄철에 잔돌이 날을 정도의 강풍현상이 나타나기 때문에 급속한 확산속도를 가지며 핀현상(늘새바람)의 교차에 의해 바람 방향이 불규칙하게 변화하기 때문에 산불의 진로를 예측하기가 힘들다. 이러한 특이한 기상현상들

이 나타나는 것은 높은 해발고의 태백산맥과 낮고 매끄러운 표면을 가진 동해가 있기 때문에 더욱 뚜렷하다. 즉, 산맥과 같은 지형의 영향으로 풍상측과 풍하측의 종관 기상요소의 차이가 뚜렷한 것이다. 일반적으로 공기가 큰 산맥을 넘어 풍하(風下)측으로 불어 내릴 때 고온 건조 현상이 나타나는데 이를 ‘핀(föhn)’ 현상이라 한다. 바람이 큰 산맥의 풍상측 사면을 타고 불어 올라갈 때 응결고도 이상에서 포화단열감률(약 0.5°C/100m)로 냉각되면서 수분이 응결되어 강수로 떨어지나 풍하측 사면을 불어 내릴 때에는 건조 단열감률(약 1°C/100m)로 온도가 높아지기 때문에 같은 고도에서 산을 넘기 전의 공기보다 넘는 후의 공기가 고온 건조해지기 때문에 일어난다. 미국 록키산맥의 Chinook과 스위스 알프스 산맥의 핀은 산맥의 풍하측에서 공기의 하강으로 인하여 단열 승온현상이 일어나므로 고온 건조한 바람이 되어 나타나는데 겨울과 봄에 풍하측에 저기압을 동반한 기압계가 위치할 때 잘 나타난다. 스위스의 Altdorf에서는 풍하측의 기온이 풍

상층보다 4~5°C에서 13~16°C까지 올라가고, 상대습도는 풍상층의 70~90%에서 풍하층의 22~28%까지로 낮아짐이 보고되었다.

우리 나라 영동지방에 북동기류가 유입할 때 특정한 중관상태 하에 나타나는 높새풍(Nopasae wind)도 영서지방에서 고온 건조한 바람으로 늦은 봄에서 초여름에 걸쳐 일어나는데(이현영 1994) 영동지방의 기온은 동해에 흐르는 해류의 영향으로 같은 위도대의 영서지방보다 상대적으로 약간 낮은 분포를 보이는 것으로 알려져 있다. 겨울철에 영동지역인 강릉과 영서지역인 원성 간의 기온과 상대습도 차를 비교한 결과 풍하층의 원성이 풍상층의 강릉보다 기온은 1°C정도 높았고 3월에는 두 지점의 온도와 상대습도 차가 각각 7.5°C와 33.3%에 달하였다(황국진 1989).

이러한 높새바람현상과는 다르게 종종 전국적으로 맑은 날 한반도 상공에 강한 서풍 계열의 바람이 유입되면서(Fig. 3) 강릉을 중심으로 한 영동지방에 전일에 비해, 그리고 같은 위도의 영서지방에 비해 10°C 가까이 기온이 상승하는 이상 고온 현상이 발생한다. 이 경우에는 단순히 이것을 “휩”현상으로 설명하기는 곤란하며 이때의 바람을 강원도 산간 일부(진부지방)에서는 화풍(火風)이라고 부르며 영동지방에서는 양간지풍(襄杆之風)이라고 부른다. 이와 비슷한 구조를 가지

는 바람으로 일본 시코쿠 지방의 “Yamaji-kaze”라는 국지풍이 있으며 이 바람이 불 때 산맥의 풍하층에 산불의 발생 빈도가 높아진다고 한다(Kondo *et al.*, 1983, 1984). 이러한 풍하층의 고온 건조 현상을 정상적인 편파의 혼동을 피하기 위해 김용상과 홍성길(1996)은 유사 휩(quasi-foehn)이라 정의하고 현지에서 불리는 대로 화풍(火風 : Whapooong)이라고 부르기를 제안한 바 있다(Fig. 4). 이 바람은 산으로부터 아드리해를 향해 불어 내리는 보라(Bora)와는 풍속이 강하다는 점에서는 같으나 보라가 차가운 바람이라는 점에서 다르다(정상립과 임근욱, 1992). 즉, 영동지방의 유사 휩현상은 4~7월경에 1) 맑고 일사가 강한 날이 2~3일 지속되고 2) 남고북저형의 기압 배치 하에 한반도 상공에 서~남서 기류가 탁월하고, 영동지방에 국지적인 풍속의 증가와 함께 풍향이 북동풍에서 남서풍으로 바뀌며 3) 영서지방에 온도의 역전층이 존재하는 등의 조건이 겹칠 때 발생한다(김용상과 홍성길 1996).

지난 '96년에 발생했던 고성 산불(Fig. 5)이나 금년 동해안 산불의 경우에 발화지점으로부터 동쪽을 향해 산불이 급격히 확산되고 산불진화 노력에도 불구하고 급기야는 동해(東海)에 이르러 자연 진화되었던 원인은 바로 유사휩현상에 기인한 것이다.

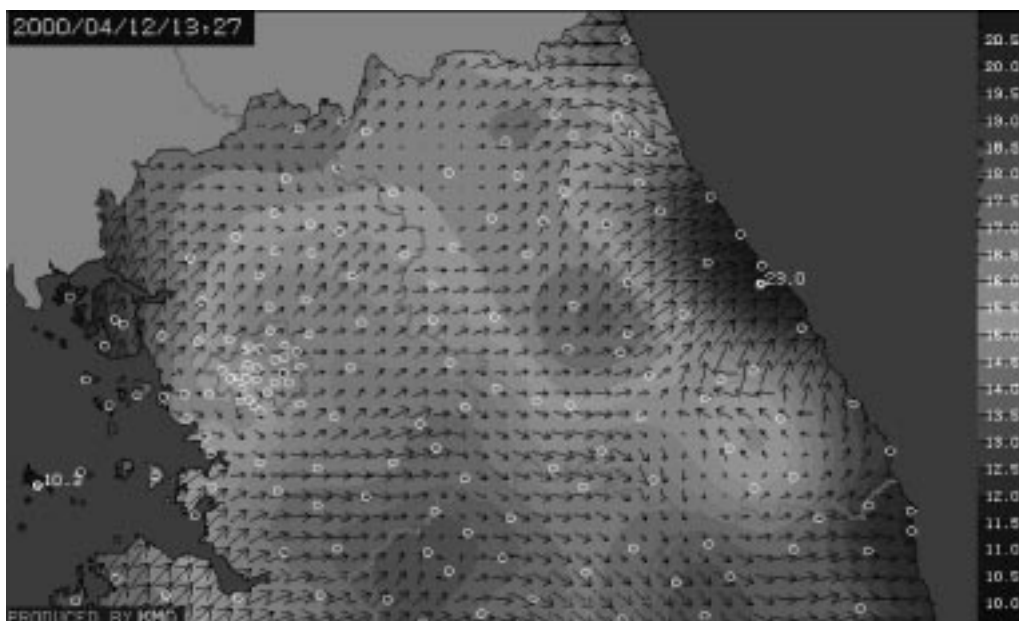


Fig. 3. Wind direction and air-temperature distribution in 12 April 2000(during forest fire)(produced by KMA).



Fig. 4. schematic diagram of quasi-f hn.

4. 산불방지대책 : 내화수림대 조성

소나무처럼 정유함량이 높은 수종을 대면적 단일하게 식재하면 산불의 위해성이 높다. 이렇게 불에 약한 수종 대신에 산불연소를 방지할 목적으로 열에 강한 수종을 선정하여 수림대를 조성한 것을 내화림(耐火林)이라 한다. 내화수로는 상록수나 활엽수가 좋고, 형식은 그 지역에 적합하게 만드는 것이 필요하다. 내화수림대는 능선상의 불룩한 부분 등 자연조건에 의해 방화효과가 유리하다고 판단되는 장소나 산록 하단부 등 가옥피해나 마을 보호 측면에서 유리한 지역에 조성한다. 조성방법으로는 능선부에는 불에 강한 수종을 띠 모양으로 식재하는데 굴참나무, 상수리나무 등 참나무

류가 좋고 식재폭은 약 30m로 하고 임목본수는 상층목 강도간벌(750본/ha), 하층목 식재(4,000본/ha)를 통해 복층림(複層林) 시업을 유도하는 것이 좋다. 동해안 산불 지역의 경우 자연회복을 통하여 식생발달을 유도하면 일단 참나무림이 형성되므로(Lim *et al.* 1998, Cho *et al.* 1999) 생육상태와 관계없는 내화수림대 조성이 가능하다.

인용문헌

김용상, 홍성길, 1996: 늦봄 또는 초여름에 영동지방에 나타나는 “유사 편”현상에 관한 연구. 한국기상학회지 32(4), 593-600.  
 산림청, 1996: 산불예방과 진화. 190pp.  
 산림청, 1999: '99산불통계자료. 144pp.  
 이현영, 1994: 영서지방의 편현상. 대한지리학회지 29(3), 266-279.  
 정상림, 임근욱, 1992: 산악기상과 기후환경. 원담문화. 317pp.  
 최성식, 문승의, 하창완, 1997: 논새풍의 기후학적 특성. 한국기상학회지 33(2), 349-361.  
 홍성길, 1987: 기상과 화재. 교학연구사. 212pp.  
 황국진, 1989: 우리나라 영서지방의 寒候期 論새風에 관

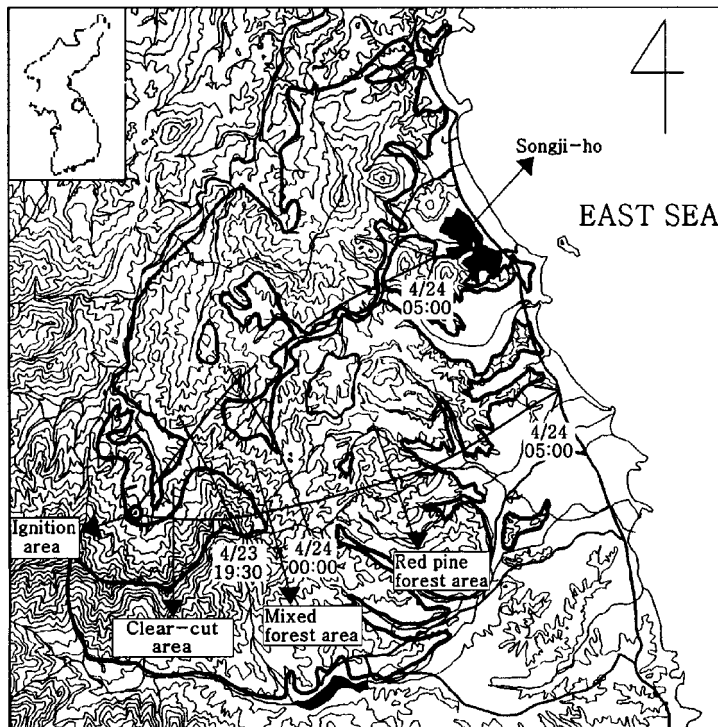


Fig. 5. Combustion site(inside of black line) and fire spread direction(arrow) in Kosung 1996.

- 한 기후학적 연구. 부산대학교 대학원 석사학위논문. 75pp.
- Cho, J.H., M.S. Choi and J.S. Oh, 1999: Vegetation changes in the burned forest areas in Kosung, Korea. Proceedings of the 3rd international conference on long-term ecological research in the east asia-pacific region. 143p.
- Kondo, J, 1983: On the unusual dryness and strong wind weather which caused a large number of forest fires over the Tohoku District on April 1983(part 1). Tenki **30**, 545-552.
- Kondo, J. and T. Kuwagata, 1984: On the unusual dryness and strong wind weather which caused a large number of forest fires over the Tohoku District on April 1983 (part 2). Tenki **31**, 37-44.
- Lim, J.H., S.Y. Lee and B.S. Lee, 1998: Changes of Forest Structure after Fire in Kosung. IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference.
- Shin, J.H., C.M. Kim, J.H. Lim and J.S. Oh, 1999: Forest vegetation zone and ecosystem classification of the Korean peninsula. Proceedings of environmental monitoring in east asia(EMEA). 68-77.