

統計로 본 山林火災

김 동 일
(시험소 연구원)

1. 序言

수목이 집단적으로 생육하고 있는 토지, 임목과 임지를 합하여 산림(山林)이라고 한다.

우리나라는 산림의 면적 6백5십7만1천 ha로서 전 국토면적 9백8십9만7천ha의 67%에 해당하는 산림국이다.

그러나 자생수종(自生樹種)의 대부분이 연료림 등 경제성이 낮은 수종인데다 그나마도 남벌 등 심한 훼손으로 산림이 황폐하여져 원목 수요량의 겨우 14% 정도만을 국내 생산재로 충당하고있는 실정이다.

이러한 현상은 그간의 산림화재로 인한 피해를 사소한 일로 지나치게 한 원인이기도 하였다.

〈표 1〉 우리나라의 산불추이

연도	발생건수	피해면적(ha)	재적(m ²)	건당피해(ha)
평 균	569	1.492	1.473	2.6
1973	536	1.146	487	2.1
1974	693	2.440	1.337	3.5
1975	690	1.282	348	1.9
1976	828	1.368	722	1.7
1977	682	1.410	1.076	2.1
1978	925	3.760	4.638	4.1
1979	546	970	685	1.8
1980	403	1.218	3.601	3.0
1981	252	814	1.533	3.2
1982	136	509	300	3.7

최근에 이르러 정부의 적극적인 뒷받침에 의한 계획조림이 실시되어 대부분의 산림이 눈에 띄게 푸르러지고 그에 따른 경제성도 높아지게 되었다.

한편 산림화재 예방에도 관심을 두어 화재발생건수는 점차 감소하는 경향인데 이에 비하여 건당 피해규모는 점차 늘어가는 추세이다.

〈표1〉에서 보는 바와 같이 1982년도의 화재발생건수는 136건으로서 1978년도 925건에 비하여 현저히 감소 되었고 1973년 이후 10년간 평균 발생건수인 569건에 훨씬 미치지 못하는 반면 건당 피해면적은 1979년 이후 계속 증가하고있다.

이러한 현상은 헬리콥터를 이용한 진화 등 보다 진보된 산림화재 진화대책에도 불구하고 나타난 것으로서, 조림이 잘 된 산림일수록 진화기술의 개발에 앞서 사전예방이 더욱 중요하다는 것을 알 수 있다.

본고는 여러 통계자료의 분석을 통한 산림화재의 사전예방에 초점을 맞추어 고찰하였다.

2. 統計로 본 山林火災

가. 山林火災의 原因

임목 및 지피물(地被物)이 불에 의하여 소실

되는 것을 산림화재(山林火災·forest fire·산불)라고 한다.

우리나라에 있어서 산림화재의 원인은 사람의 의한것이 80% 이상으로 그 대부분을 차지하고, 낙뢰, 화산폭발, 자연발화 등 자연적인 원인에 의한 산림화재는 거의 없다.

〈표2〉 원인별 산림화재

구분	건수	비율(%)
입산자 실화	66	49.6
연소	32	24.1
불장난	9	6.8
기타	26	19.5
계	133	100

(통계기간 : 1981-1985 평균)

〈표2〉는 1981년 부터 1985년 까지 5년 간의 산림화재 원인별 분류로서 입산자 실화, 불장난, 논불 등으로 인한 연소 등 인위적인 것이 80.5%이고 기타 19.5%로 나타났는데, 기타의 원인은 방화 등 대부분 사람에게 의한 것이다.

최근 중공의 흑룡강성(黑龍江省)에서 발생한 막하(漠河)대화재는 60만ha에 달하는 넓은 지역을 한꺼번에 휩쓸어버린 대 참사였는데 그 원인이 천재(天災)인지, 사람의 과실에 의한 것인지는 확인되지 않았지만 북위 45° 이상 55° 에 위치한 삼림(森林)지역에서 원인 모르는 산불이 가끔 발생한 사례로 보아 자연발화로 추측하기도 한다.

북위 33°6에서 43°1 사이에 걸쳐 있는 우리나라는, 거대한 삼림이 널리 분포되어있지 않고 이상건조현상(異常乾燥現象)도 많지 않아서 자연발화에 의한 산림화재의 위험은 적은편이라 하겠다.

나. 山林火災의 種類

산림화재는 피해를 받는 부분에 따라서 땅속의 부식층(腐植層)을 태우는 지중화(地中火), 지표에 있는 잡초·관목·낙엽 등을 태우는 지표화(地表火), 서있는 나무의 가지와 잎을 태우

는 수관화(樹冠火), 그리고 서있는 나무의 줄기를 태우는 수간화(樹幹火)로 구분하고 있다.

산림화재는 대부분이 지표화로 시작하여 점차 수관화·지중화 등으로 변하여 간다. (表 3. 산림화재의 종류별 발생률)

〈표3〉 산림화재의 종류별 발생률

화재의 종류	발생회수	발생율(%)
地中火	114	2.2
地表火	3780	73.9
樹幹火(나무줄기)	50	1.0
樹冠火(나무잎)	788	19.3
樹冠火를 동반한 地表火	185	3.6
계	4917	100

(외국자료)

다. 氣象과 山林火災

(1) 濕度와 出火率

일반화재는 화기(火氣)를 많이 사용하는 동절기에 많이 발생하는 반면 산림화재는 습도가 낮은 봄철에 집중적으로 발생한다.

〈표4〉 계절별 화재발생비교

	화재전반		산림화재	
	건수	비율(%)	건수	비율(%)
봄	2032	27.4	108	81.2
여름	1119	15.1	2	1.5
가을	1617	21.8	3	2.3
겨울	2650	35.7	20	15.0
계	7418	100	122	100

(통계기간 : 1981-1985 평균)

〈표4〉는 최근 5년간 계절별 화재발생건수를 산림화재와 화재전반으로 구분하여 비교한 것으로서, 일반화재의 경우 계절에 따른 화재발생률의 차가 크지 않은 것에 대하여 산림화재의 경우에는 연평균 화재발생 133건의 약 81%에 해당하는 108건이 봄철에 발생하였다.

한편 산림화재의 발생건수를 시간별로 분석하여 보면 오후(14시-18시)의 발생 비율이 타 시간대에 비하여 현저히 높은 것으로 나타났다.

(표 5. 출화시간별 산림화재)

(표5) 출화시간별 산림화재

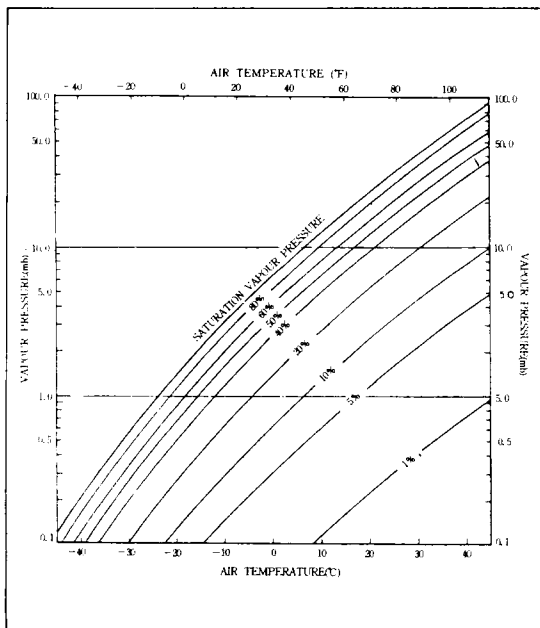
구 분	건 수	비 율(%)
오전 (5-10시)	14	2.1
낮 (11-13시)	149	22.5
오후 (14-18시)	450	67.9
밤 (19- 4시)	50	7.5
계	663	100

(통계기간 : 1981-1985)

(2) 相對濕度와 實效濕度

(가) 相對濕度

수증기가 응결하지 않고 분자형태로서 대기중에 함유될 수 있는 양은 기온에 따라 다르다.



(그림1) 기온에 대한 포화 수증기압의 백분비 곡선

(그림1)은 기온에 따른 포화수증기압(Saturated Vapour pressure)의 백분비 곡선이다. 종축은 밀리바(mb) 단위로 표시한 수증기압이며, 횡축의 하단은 섭씨(°C) 기온이고 상단은 화씨(°F) 기온을 나타낸다. 제일 상단의 곡선은 대기중의 수증기가 빙결되지 않고 수증기인 상태에서 포화 수증기압을 나타내며, 다음 곡선은 그 기온

하에서 포화 수증기압의 80% 곡선이다. 0°C에서는 포화 수증기압이 6.1mb인데, 30°C에서는 42.4mb나 된다. 그러므로 대기중에서는 기온이 높으면 높을수록 포화 수증기압이 높게된다. 이는 기온이 높으면 높을수록 수증기를 더 많이 함유 할 수 있음을 뜻한다.

따라서 공기의 건습상태는 대기중의 수증기량 뿐만 아니라 그 기온하에서 수증기를 얼마만큼 더 함유할 수 있는가에 달려있다. 예를들면 1m³의 공기덩이의 기온이 15°C일 때 최대로 함유할 수 있는 수증기량은 약 13g 밖에 되지 않지만, 30°C인 경우에는 약 30g을 함유 할 수 있다. 즉 1m³의 공기덩이에 13g의 수증기가 포함되어 있을 때, 그 공기덩이의 기온이 15°C일 때에는 몹시 습하나, 기온이 30°C인 경우에는 매우 건조한 편이 된다. 따라서 대기의 건습정도를 표시하려면 그 대기내의 현존하는 수증기량과 최대로 함유 할 수 있는 수증기량과의 비로 나타내는 것이 실용적이며, 이를 상대습도(狀對濕度 Relative Humidity)라고 한다.

즉, 상대습도는 식(1)과 같이 어떤 기온에서 실제 나타나는 수증기압(e)와 그 기온에서의 포화수증기압(E)의 비에 100을 곱하여 백분율(%)로 표시한다.

$$\text{상대습도}(\%) = \frac{e}{E} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

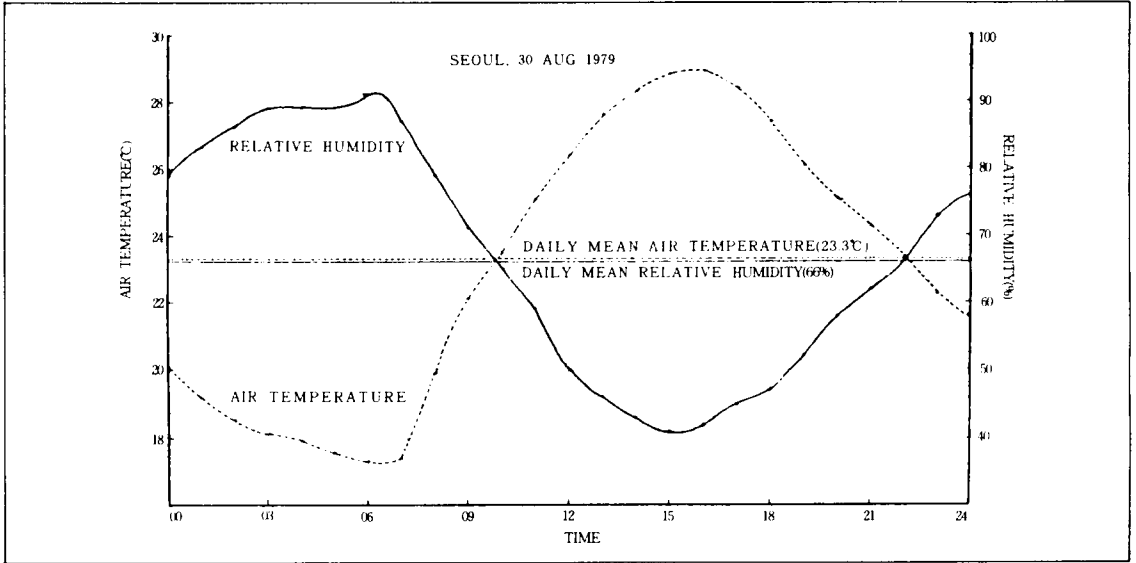
앞의 (그림1)은 기온과 수증기압만 알고 있으면 상대습도를 쉽게 구할 수 있는 그래프가 된다. 예를들면 그래프에서 기온이 20°C일 때 수증기압이 10.9mb이면 그 기온하에서 포화 수증기압에 대한 백분율 즉 상대습도는 80%이며, 수증기압이 4.7mb라면 상대습도는 20%가 된다.

상대습도는 대기중에 함유되어 있는 수증기량 뿐만 아니라 기온에 따라서도 다르므로, 기상변화가 거의 없는 맑은 날의 상대습도는 기온변화와 정 반대 현상을 보여준다.

(그림2)는 1979년 8월 30일 서울에서 관측된 기온과 상대습도의 일 변화를 표시한 것이다. 이 날의 평균기온은 23.3°C이고 평균상대습도는

66%이나, 기온이 가장 낮은 새벽녘에는 상대습도가 90%나 되며, 기온이 높은 15시경에는 상대습도가 42%로서 일 평균값의 $\pm 36\%$ 에 해당

하는 차를 보여준다. 따라서 기온이 높은 한 낮에 건조도가 더 빠른 것은 당연하다. 일반적으로 습도라 함은 상대습도를 말한다.



(그림2) 기온과 상대습도의 일변화

(나) 實效濕度

실효습도(實效濕度 Effective Humidity)란 상대습도에서 유도된 것으로서 상대습도의 시간적 경과를 고려한 것이다.

지표면의 물질·축조물·목재 등 비교적 부피나 질량이 큰 물질을 그때 그때의 상대습도만으로서 그 건조 정도를 결정할 수 없고 과거의 경과습도의 누적효과에 따라 다르게 된다.

일시적으로 상대습도가 낮거나 높아졌다 하더라도 비교적 큰 용적의 물질 내부는 그 건조효과에 아무런 영향도 미치지 못하게 되며 비교적 장기간의 상대습도 변화의 영향을 받게 된다.

이와같은 관점에서 실효습도는 건조물의 건조상태와 화재위험 예측 등에 중요한 의의를 갖게 된다.

어떤 날의 실효습도는 당일과 그 전일의 상대습도에 비중계수를 곱한 다음 식으로 표시된다.

$$\text{실효습도}(\%) = (1-C)(r_0 + cr_1 + c^2r_2 + \dots) \dots (2)$$

여기서 c 는 상수로서 0.7이며 $r_0, r_1, r_2 \dots$ 는 각각 당일, 전일, 전전일 등의 상대습도이다. 중앙기상대에서 산출하는 실효습도는 당일과 그 전 4일간의 상대습도를 가지고 식(2)를 이용하여 계산한다. 따라서 5일간 연속하여 상대습도가 100%였다 하더라도 실효습도는 83.1%가 되고, 상대습도가 5일간 연속 50%인 경우에는 실효습도가 38.6%로서 상대습도보다는 낮게 나타난다는 점을 실효습도를 이용할 때에 고려하여야 한다.

(다) 相對濕度와 實效濕度の 月變化

월 평균 상대습도는 <표6>에서 보여주는 바와 같이 전국적으로 4월과 5월이 가장 낮아서 65% 내외이고 8월이 가장 높아서 80%정도이다. 다만 부산·울산·대구 지방은 1월에 최소습도가 나타나는 것이 특색이다.

〈표6〉 지점별 월평균 상대습도

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	61.8	62.4	65.0	61.4	62.2	71.0	80.2	76.4	72.0	68.6	65.2	66.0
춘천	67.2	66.6	64.8	62.6	62.6	70.2	79.2	78.8	79.6	77.8	75.6	74.8
대관령	69.1	72.4	76.2	70.2	67.8	82.6	87.8	88.0	86.4	80.2	77.4	75.0
강릉	50.6	58.8	62.4	62.2	60.4	74.0	80.6	79.8	76.2	69.0	62.0	56.8
청주	72.4	70.4	68.8	66.2	65.8	72.2	79.8	79.8	78.8	76.4	77.0	77.0
대전	71.2	69.6	69.8	66.8	67.0	74.8	83.0	81.0	79.2	76.2	76.8	75.8
대구	56.4	56.0	57.4	57.2	58.0	65.8	73.4	70.8	70.6	66.8	65.4	64.6
울산	59.8	61.8	68.2	70.4	74.0	80.8	82.8	79.6	79.2	75.0	79.4	65.4
부산	50.8	54.0	59.6	67.0	69.4	80.2	85.6	79.0	73.2	64.9	59.8	55.6
전주	72.2	71.0	70.2	67.2	68.0	75.0	80.2	76.6	76.6	74.8	76.2	76.0
광주	72.8	71.6	68.8	69.0	69.2	75.8	80.0	78.6	77.0	73.4	75.0	73.8
제주	70.8	71.6	70.2	74.2	77.0	82.2	84.4	81.2	79.0	74.4	72.2	74.2

(통계기간: 1974-1978)

실효습도의 월 변화 또한 상대습도의 월 변화와 비슷한 변화 추세를 보여주고 있는데 다만 상대습도보다 10-15% 정도 적게 나타나는 점이 다를 뿐이다. (표7. 지점별 월 평균 실효습도)

〈표7〉 지점별 월평균 실효습도

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	51.8	52.0	53.8	51.2	51.6	58.4	66.4	63.6	60.2	57.4	54.4	54.8
춘천	56.4	55.4	53.8	52.0	52.2	57.8	65.8	65.2	66.4	65.0	62.8	61.8
대관령	58.2	60.0	63.0	62.5	56.2	68.0	73.0	73.0	71.4	67.2	64.8	62.2
강릉	42.2	48.8	51.2	52.2	50.0	61.0	67.2	65.0	64.0	57.6	51.6	46.8
청주	60.8	58.4	57.6	55.0	54.8	59.8	66.2	66.0	65.6	63.8	64.4	64.2
대전	76.8	57.8	57.6	55.4	55.6	61.8	69.0	67.6	66.2	63.4	63.6	63.3
대구	47.2	46.6	47.6	53.0	48.4	54.8	61.0	58.8	59.0	55.6	54.6	53.6
울산	50.2	51.6	56.2	58.6	61.4	67.0	69.0	66.2	66.2	62.4	58.8	54.4
부산	42.2	44.8	48.8	55.6	57.4	66.6	71.2	65.8	61.4	54.0	50.4	46.2
전주	60.8	58.8	58.2	55.8	56.6	62.2	66.6	63.6	64.2	62.2	63.4	63.4
광주	61.0	59.6	57.6	57.2	57.4	62.6	66.8	65.2	64.6	61.0	62.2	61.6
제주	59.0	59.8	58.0	61.6	63.8	68.4	70.4	67.6	65.6	62.2	60.0	61.6

(통계기간: 1974-1978)

(라) 濕度와 出火率

습도와 산림화재의 밀접한 관계는 앞에서 살펴본 바와 같다.

「호프만」이 조사한 결과에 따르면 ① 습도가 60% 이상이면 산불은 거의 안전하다. ② 50-60%이면 천천히 타거나 타기 쉬운 것만 탄다. ③ 40-50%이면 대면적(大面積)으로 확대되지

않는다. ④ 30-40%이면 상당한 화재로 급속히 연소할 위험성이 있다. ⑤ 25-30%이면 맹렬히 연소하고 불을 끄기가 어려운 때가 있다. ⑥ 25% 이하이면 수관화가 발생한다.

한편 최근 일본의 화재통계에 따른 습도와 출화율은 〈표8〉과 같다.

〈표8〉 습도와 출화율

상대습도(%)	화재건수	출현일수	출화율
0-20	63	46	137.0
21-30	199	401	49.6
31-40	325	1,242	26.2
41-50	430	2,482	17.3
51-60	370	3,334	11.1
61-70	221	3,273	6.8
71-80	89	2,266	3.9
81-100	56	1,185	4.7

○일본 4개 縣(岩手, 千葉, 兵庫, 廣島)의 최근 발생화재 통계임)

여기에서도 습도와 출화율은 거의 반비례 하는 것을 볼 수 있다.

참고로 전국 주요지점의 상대습도와 실효습도가 50% 미만인 일수를 계절별로 구분하여 보았다.

(표9. 상대습도 50% 미만의 계절별 발생일수)
(표10. 실효습도 50% 미만의 계절별 발생일수)

〈표9〉 상대습도 50% 미만의 계절별 발생일수

	봄	여름	가을	겨울
서울	15.0	1.4	4.4	11.0
춘천	11.4	0.8	2.8	8.0
대관령	4.2	0.4	1.0	0.6
강릉	28.4	3.2	18.8	42.2
청주	4.2	0.2	0.4	2.2
대전	6.2	-	0.4	1.0
대구	21.0	2.4	7.0	21.4
울산	7.4	-	1.8	13.0
부산	24.2	-	11.2	25.2
전주	3.0	0.2	-	0.6
광주	3.2	-	0.6	1.2
제주	1.6	-	-	-

(통계기간: 1972-1976)

〈표10〉 실효습도 50% 미만의 계절별 발생일수

	봄	여름	가을	겨울
서울	33.4	4.0	13.6	30.0
춘천	38.0	5.2	5.0	17.0
대관령	6.6	0.8	1.8	3.8
강릉	47.6	7.2	33.4	60.0
청주	22.4	2.2	0.6	6.0
대전	16.2	0.8	0.8	4.4
대구	49.6	10.6	16.8	41.2
울산	15.4	0.2	28.0	32.8
부산	28.8	0.2	28.0	59.6
전주	10.2	0.8	0.2	2.2
광주	10.0	0.2	2.0	2.8
제주	6.2	-	0.4	1.0

(통계기간 : 1972-1976)

(3) 風向과 風速

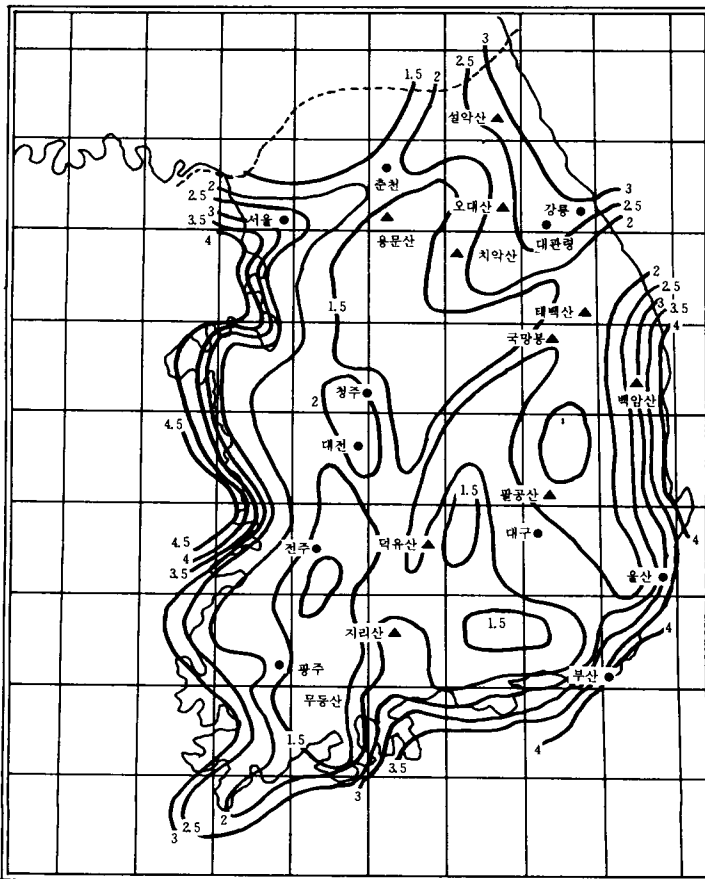
강풍이 불 때는 전선의 단락 등에 의한 화재의 발생이 증가하기도 하지만 그것보다도 연소속도가 빨라진다는 것이 더욱 중요하다.

풍속이 강할 때는 연소속도가 빠르고 또 소실면적도 증대된다.

외국의 한 연구에 의하면 풍속이 초속 3m 이상이 되면 화재위험도가 급증하는 것으로 보고 되었다.

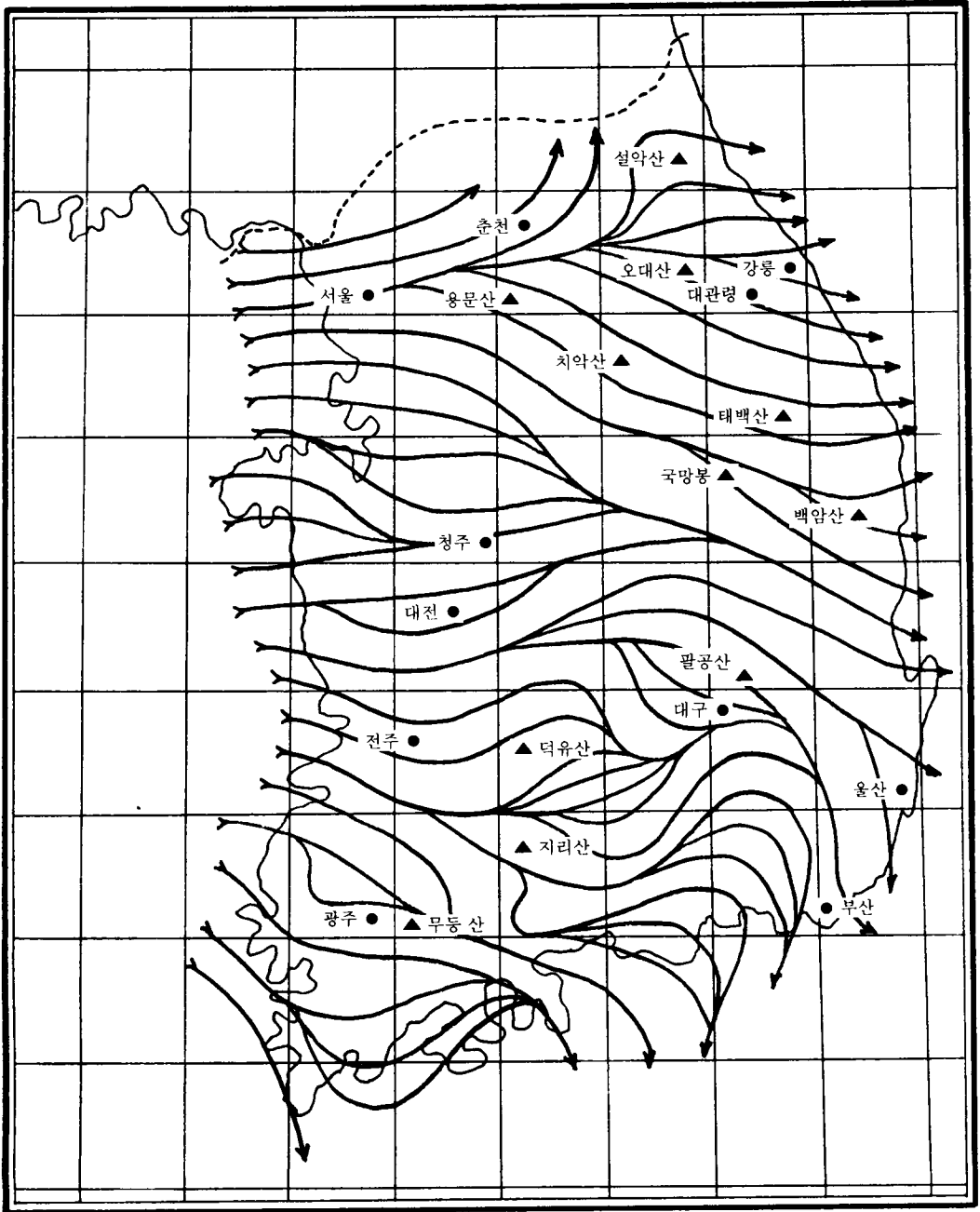
풍속 3m/sec 는 나무잎과 가는 가지가 흔들리고 깃발이 가볍게 날리는 정도이다.

참고로 산불이 많이 발생하는 봄철의 우리나라 풍향 및 풍속도를 첨부한다. (그림3.4)



(통계기간 : 1973-1977)

〈그림3〉 봄의 풍속분포도



(그림4) 봄의 평균유선도

(통계기간 : 1973-1977)

라. 出火危險度

*[산림화재 출화위험도에 관한 연구]결과로 요인별 출화위험도를 분석하였다.

*日本消防廳 研究「林野火災 擴大危險區域 子測調査」

〈표11〉은 요인별 산림화재 출화위험도를 나타낸 것으로서 시간·상대습도·풍속·경사도 및 경사방위·발생점수종(樹種)·지피물 등에 의한 위험도를 구분한 것이다.

〈표 11〉 요인별 산림화재 출화 위험도

시	험	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-6		
		0.010	0.134	0.336	0.302	0.181	0.029	0.008		
상대습도	상대습도	0-20	20-40	40-60	60-80	80	100			
		0.383	0.447	0.142	0.024	0.004				
풍속	풍속	0-3	3-6	6-9	9-12	12-				
		0.079	0.198	0.205	0.214	0.304				
경사도	경사도	0-10	10-20	20-30	30-40	40-				
		0.208	0.075	0.134	0.199	0.384				
사면방위	사면방위	N	Ne	E	SE	S	SW	W	NW	평탄
		0.035	0.069	0.101	0.094	0.208	0.163	0.115	0.059	0.156
발생장수종	발생장수종	삼목	노송	소나무	기타침엽수	낙엽수(광엽)	삼림(외)			
		0.126	0.064	0.200	0.002	0.038	0.570			
地被物	地被物	관목류	고사리류	비자나무류	광엽관목	낙엽·가지	기타			
		0.057	0.183	0.287	0.060	0.391	0.022			
		관목류	고사리류	비자나무류	광엽관목	낙엽·가지	기타			
0.052	0.135	0.450	0.076	0.226	0.061					

예를들면 사면방위(斜面方位)가 남쪽, 경사도가 35, 수종은 소나무, 지피물이 낙엽, 가지 등이 덮인 지점에 13시 경의 습도가 45%, 풍속 3.5m인 경우를 가정한 위험도는 $0.208 + 0.199 + 0.200 + 0.226 + 0.302 + 0.142 + 0.198 = 1.475$ 이다.

*[일본의 화재사례에 의한 통계]에 의하면 화재위험도는 1.5일 때 약 30%, 1.9일 때 약 70%로 나타났다.

3. 結言

이미 경험한 바와 같이 화재는 복잡한 현상이다.

기상 등 주위의 상황을 포함하여 화재를 나타내는 수치는 실로 다양하다. 그래서 다수의 자료를 기초로 규칙성을 밝힌 통계가 화재예방에 큰 도움이 될 수 있다.

산림화재의 출화위험은 기상의 요인, 지황(地

況)의 요인, 임황(林況)의 요인 등으로 구분하여 검토한 바 있다. 이에 더불어 풍향·실효습도·고도(高度)등에 의한 연소(延燒)요인을 감안한 대책을 마련한다면 화재에 의한 산림의 피해를 상당히 줄여갈 수 있을 것이다.

참고문헌

- 全國加除法今出版編：近代消防 269號(1984)
- “ ”：近代消防 265號 附錄(1984)
- 공업진흥청편：국내지역별 통계적 기상자료 (Ⅱ)1979. 12
- 내무부 편：소방행정(1986)
- 한국화재보험협회 편：화재안전점검 13호
- 한국소방안전협회 편：소방안전 29호 (1986. 5)
- 消防廳編：消防白書(1983)
- 내무부 편：'85화재통계연보(1986)
- 日本火災學會編：火災便覽

* 日本消防廳 研究「林野火災擴大危險區域 子測調査」