Korean J. Ecol. 17(1) : 1~9, 1994

森林內 落葉層의 含水量과 담배불에 의한 可燃性

金寬洙 · 張寅秀 · 金守貞
大田大學校 理科大學 生物學科

Moisture Content of Litter Layer and Its Combustibility by Cigarette Light in Forests

Kim, Kwan-Soo, In-Soo Jang and Su-Jung Kim
Department of Biology, College of Science, Taejon University

ABSTRACT

This study focuses on forest fires attributed to cigarette light, the main source of wild fires, by examining the characteristics of the fire types. It aims to present useful data for preventive measures.

Statistics show that the average length of cigarette butts left after smoking is 30mm excluding filter for domestic cigarette smokers. Also the average thickness of litter layer in forests is 58.2mm throughout the nation. The value varies according to how often leaves were trodden by hikers ; the accumulation amount of Mt. Sunchi, which is relatively protected from human disturbances, is 29.6% more than that of Mt. Kye-Ryong National Park. Aged trees such as *Pinus rigida*, *Quercus acutissima* and *Larix leptolepis* have relatively large inflammable contents, 2.43kg in 15 year-old stand and 2.55kg in 10 year-old stand.

This study found out the following fact with regard to the start of lighting and the out-break of fire. Fire breaks out within five minutes in the sample(C), in which *Zoysia japonica* and *Populus* × *tomentiglandulosa* has been tramped when the sample has 2~6 percent of moisture contents.

Coniferous trees such as *Pinus rigida* and *Larix leptolepis* do not burn easily while leaving charcoal. In contrast, deciduous trees with *Zoysia japonica* and *Populus* × *tomentiglandulosa* are quick to catch fire. As a result of the experiments, it is proved that cigarette light is a very dangerous cause of wild fire especially for dry grass like *Zoysia japonica*.

Key words : Forest fire, Domestic cigarette smokers, Litter layer, Sample ignition, Dry grass.

서 론

산불은 가연물의 특성뿐만 아니라 산지의 지형, 기상 등의 영향에 따라 연소형태가 달라지므로(內藤 등 1967) 산불의 특징을 찾아내고 그 현상을 해명하기란 그리 쉬운 일은 아니어서 아직도 담배불이 산불의 근원이 됨을 확인할만한 자료가 없음이 아쉽다. 그러나 담배불은 하나의 불

씨여서 이것에 적합한 가연물이라면 분명히 화재가 발생될 수 있을 것으로 생각되어 담배불에 의한 연소형태의 특징을 찾아내고 그 현상을 해명하여 산불방지대책의 연구자료로 기여하자는 데 있다.

우리나라에서 6년간 발생한 산불의 현황(1985~1990)을 보면 총 발생건수 1,230건에 6,640ha의 삼림면적과 22,700m³의 재적이 소실되어 삼림생태계의 안정과 기능에 커다란 위험을 주고 있다(Fig. 1). 특히 산불의 원인 중 입산자의 실화가 641건으로 52.2%(Fig. 2), 산불 발생시기는 3, 4월의 봄철에 80%를 상회하고 있어서 삼림 recreation 수요를 배경으로 하는 입산자의 급격한 증대는 담배불 등에 의한 산불의 다발화를 유도하는 격이 된다.

산불은 삼림의 특성을 변화시키고 토양의 질적인 면에 영향을 주고 있다(Komarek 1971, Wright and Bailey 1982). 그들이 불에 탄 정도에 따라서 ground fire(바닥불), surface fire(지표불), crown fire(수관불)로 구분되어 있고 (Spurr and Barnes 1980) 목재는 100°C가 넘으면 열분해가 시작되고 300°C가 가까워지면 연소가 일어나고 500°C 전후에 발염되어 심하게 연소된다고 하였다(小田島 1978). 따라서 일반적으로 물건이 연소될 때 화원이 되는 에너지와 가연물 그리고 산소의 공급이 필요하므로 이것이 곧 연소의 3요소가 되겠다(中村 1956).

산불의 대부분의 경우는 산지의 지표에 무성한 잡초와 낙엽 등의 가연물이 연소되는 surface fire인데 독일의 바바리아지구의 통계에 의하면 약 5,000건의 산불 중 surface fire가 3,965건으로 81.5%, crown fire가 790건으로 19.3%로 나타나 있고 산불 면적은 1건에 1~5a의 발화건수가 전체의 32%, 다음이 10~15a로 주로 소규모적인 산불이 발생하고 또한 현대화된 소방장비를

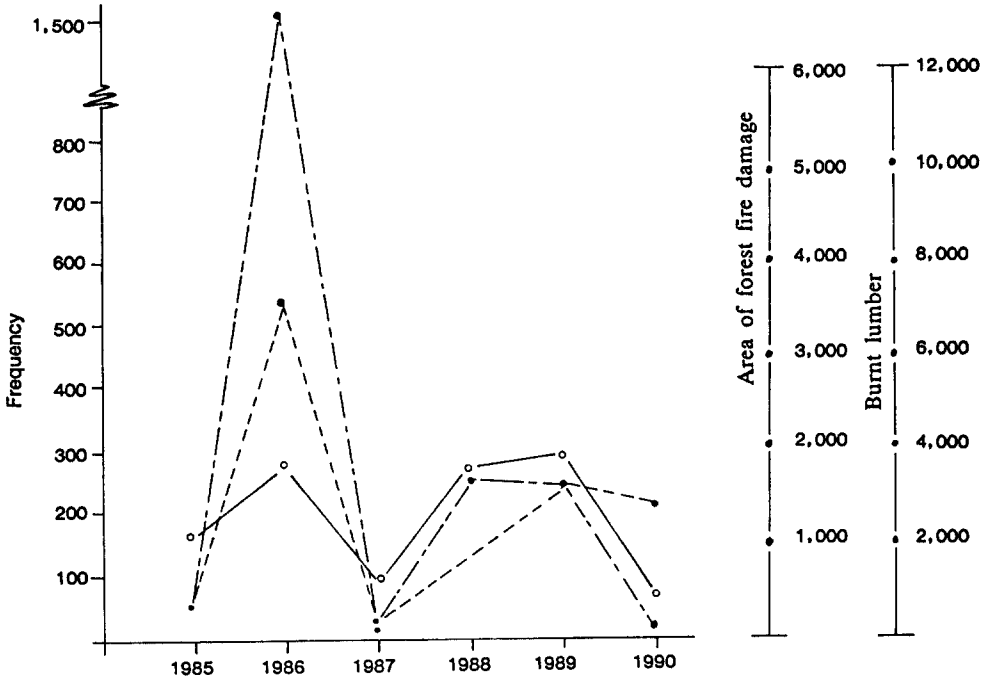

Fig. 1. Status of fire damage by year in Korea

—— Frequency of forest fire, — — — Area(ha), - - - Volume of damaged lumber(m^3)

Fig. 2. Status of fire damage by cause in Korea
——— Carelessness, — — — — Weed burning, — — — - Children,
— — — — — Accidental fire by visitor of ancestral grave, - - - - - Others

갖추고 있어서 단시간내에 소화가 가능하나 우리나라의 산불의 경우 한번 발생하면 산세, 소방장비 등의 여의치 못한 환경여건으로 단시간에 수많은 양의 삼림수목이 연소되는 경우가 많아 재산상의 큰 피해는 물론 우리들의 생활에도 악영향을 주고 있다. 본 연구에서는 담배불을 발화원으로 하는 산불의 경우에 초점을 두고 화인을 조사하였다.

재료 및 방법

국산담배의 종류와 흡연상황

우리나라에서 생산되고 있는 담배는 총 18종(담배인삼공사 홍보실 1993)으로 그 중 흡연자가 가장 애연하는 담배(권연) 88 Light, 88 Light Gold, 88 Deluxe Mild, 한라산, 도라지, 장미, 라일락, 솔 등의 8종을 선택하여 1991년 5월 1일~동년 8월 30일까지 각 10명씩 80명을 대상으로 설문지 및 직접 관찰에 의해서 흡연빈도, 흡연시간, 흡연량, 흡연회수 그리고 연소속도를 조사하고 담배 부위별 연소온도를 LINE SEIKI(TC 1100) Thermometer로 측정하였다

임내 낙엽의 종류와 낙엽층

임내 낙엽의 종류와 낙엽층 조사는 金(1993)이 실시한 충청남도 녹지자연도 지역조사지 산을 대상으로 비교적 인간간섭이 많은 국립공원 계룡산(889m : E127° 12′~N36° 21′ 52″), 도립공원 칠갑산(561m : E126° 55′ 20″~N36° 23′ 40″), 시민 휴양림으로 조성된 오서산(791m : E126° 39′ 50″~N6° 27′ 30″), 인간간섭이 드물다고 보는 선치산 (758m : E127° 22′ 25″~N36° 03′ 05″)과 성주산(680m : E126° 41′ 25″~N36° 24′ 40″) 등 5개의 산을 택하여 1m × 1m의 방형구를 무작위 표집법으로 각 10개 지점에 설치하여 1991년 10월 1일부터 1993년 5월 30일까지 낙엽종류 각 5종과

낙엽층 및 퇴적물량을 조사하였다.

임내의 종류별 가연물량

임내퇴적물의 종류별 가연물은 수종과 수령에 따라서 연소가연물의 실측치가 큰 차를 나타내므로 우선 수령 10, 15, 20년생을 기준으로 하여 칠갑산, 오서산, 선치산의 수령당 각 10개소에 1m × 1m의 방형구를 3월에 설치하여 지상 가연물을 수집, 기건한 후 평량하였다. 수령은 공주, 금산, 보령군 산림과의 1958년부터 기록된 조림대장을 참고하였다.

임내퇴적물의 함수량과 가연성

임내퇴적물의 함수량에 따른 담배불에 의한 가연성은 낙엽의 함수량과 형태에 따른 담배불의 인화성 여부를 먼저 구명하기 위하여 5개의 산에 설치한 방형구에서 "다량 함유한 낙엽의 종류 순으로 7종의 생엽", 즉 리기다 소나무(*Pinus rigida*), 상수리나무(*Quercus acutissima*), 일본이깔나무(*Larix leptolepis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia*), 은사시나무(*Populus* × *tomentiglandulosa*), 싸리(*Lespedeza bicolor*)와 초본식물 중 가연성이 강하다고 보는 잔디(*Zoysia japonica*)의 생엽을 각 1kg씩 채취하여 60°C의 drying oven에서 30분 단위로 8시간 동안 건조시간별로 함수량을 측정하여 얻어진 시료를 낙엽상태인 것(A)과 체중 60kg인 사람이 등산화로 100번 밟아 반분진상태인 고엽(B), 200번 밟아 분진상태인 고엽(C)으로 구분하고 넓이 20cm²와 두께 2cm의 시료를 만들어 흡연율이 가장 높은 88 Light 담배로 연소시간을 10분 정도로 하여 시료에 담배 끝이 5mm정도 삽입될 수 있도록 25°각도로 놓고 Ignition Point Tester에서 7~8m/sec의 풍속으로 착화 및 발염시간을 각 5반복 측정하여 평균하였고 또 분진상태인 혼합고엽 *Pinus rigida* + *Zoysia japonica* + *Robinia pseudo-acacia*, *Pinus rigida* + *Quercus acutissima* + *Zoysia japonica*, *Robinia pseudo-acacia* + *Alnus hirsuta* + *Lespedeza bicolor*, *Populus* × *tomentiglandulosa* + *Zoysia japonica* + *Larix leptolepis*, *Quercus acutissima* + *Zoysia japonica* + *Larix leptolepis*로 하여 전자와 동일하게 실시하였다.

결과 및 고찰

국산담배의 종류와 흡연상황

산불의 발생원인은 대부분이 인위적이며 낙뇌 등의 자연현상에 의한 화재(內藤 등 1967, Komarek 1967, 1971)는 우리나라에서는 별로 없다. 인위적인 산불 중 가장 큰 것이 입산자에 의한 것으로 전체산불의 52.2%를 점하고 있고 잡초소각(weed burning) 20.4%, 어린이 불장난 7.0%, 성묘객 실화 5.3%, 기타 15.3%였다(Fig. 2). 그 중 가장 많은 입산자 실화 중 대부분이 담배불에 의한 산불로 보도되고 있다.

애연하는 국산담배의 종류별 흡연자를 젊은층과 노년층까지 조사한 결과 흡연빈도는 1분에 2~3회, 흡연시간은 1회에 2초, 흡연회수는 개당 8~9회, 흡연량은 개당 30mm가 대체적인 표준으로 나타났다.

흡연율 60% 이상을 상회하고 있는 88 Light 담배를 기준으로 했을 때 담배의 전체 길이 84mm 중 filter를 제외하면 실제 흡연하는 담배는 60mm 길이여서 평소 8~9회 흡연하고 버려지는 담배의 길이는 30mm 정도다.

이것은 자연히 연소하면 1분에 3mm정도여서 전체 연소시간은 약 10분이 소요되는 셈이며 연

소온도는 처음 흡입시의 담배의 선단부위가 450°C 전후, 중간부위가 650~700°C 정도다. 일본 전매공사 중앙연구소 통계(1978)에는 보통 권연(담배)은 길이 7~8cm, 둘레 2.5cm, 무게 1g 정도이고, 체적의 65%는 공간이며, 흡연빈도는 1분에 1~2회, 흡연시간은 2초, 흡연량은 35mm가 표준이라고 보고되어 있고 자연연소속도가 1분에 3~4mm 정도라고 되어 있어서 조사한 내용과 대체적으로 동일하였다.

임내 낙엽의 종류와 낙엽층

임내 낙엽층은 건조할수록 연소가 빨라져 산불의 연소와 깊은 관계가 있다고 보아 5개 산에 설치한 방형구에서 조사한 낙엽의 5종(Table 1)과 퇴적층에서 공통적으로 나타난 낙엽은 *Pinus densiflora*와 *Pinus rigida*의 소나무류와 *Quercus variabilis* 및 *Quercus acutissima*의 참나무류, *Larix leptolepis*, *Alnus hirsuta*, *Robinia pseudo-acacia*, *Lespedeza bicolor*, *Populus* × *tomentiglandulosa* 등의 순이고 낙엽층의 깊이는 비교적 인간간섭이 적다고 보는 선치산이 75mm로 가장 컸고 인간간섭이 많은 쪽의 칠갑산이 46mm로 가장 적었으나 평균 58.2mm였고 퇴적물량도 선치산이 38.92kg으로 가장 컸다(Table 1). 다만 공원화된 산을 제외하고는 수령 20년생 이상의 *Quercus variabilis*는 거의 벌채되었고 15년생 전후의 것도 많이 벌채되었다. 특히 낙엽의 종류는 10~11월에 기존 퇴적물상의 낙엽층을 주로 하여 조사하였고 퇴적층은 10월~11월의 일차측정치를 참고하여 A_{00}층보다는 다소 A_0층과 A층이 강한 3~4월의 이차측정치를 비교, 산출하였다.

임내퇴적물의 종류별 가연물량

3개의 산에 설치한 방형구에서 수령별로 수집한 지상 가연물을 기건 후 평량한 결과(Fig. 3) 조사 연도별 *Pinus rigida*, *Quercus acutissima*, *Larix leptolepis* 등은 수세가 왕성한 15년생과 20년생에서 가연물이 다소 많았고 *Larix leptolepis*에서 큰 차를 보인 것은 침엽의 완전한 낙엽 기간이 12월말 이후까지 계속되어 humus층이 타 수종의 humus층에 비하여 작기 때문으로 생각된다. 특히 계곡 하층 부위와 바위 밑 또는 다소 함몰된 곳 등은 15~20cm 정도의 높은 가연물량을 보였다. 小田島(1978)은 임내지상 가연물량에서 *Pinus densiflora*의 10년생 2.3kg, 15년생 3.5kg,

Table 1. Type and amount of litter in the litter layer

Site(Mt.)	Kinds of fallen leaves	Litter layer ($A_{00}-A$) (mm)	Dry Weight (kg)
Kye Ryong	*Pinus densiflora, Quercus acutissima Carpinus laxiflora, Carpinus cordata, Zelkova serrata*	55	24.25
Chil Gap	*Quercus variabilis, Pinus densiflora, Zelkova serrata, Robinia pseudo-acacia, Lespedeza bicolor*	46	20.33
Oh Shor	*Pinus rigida, Larix leptolepis, Carpinus laxiflora Quercus variabilis, Populus × tomentiglandulosa*	52	26.68
Sun Chi	*Pinus densiflora, Quercus variabilis, Quercus mongolica, Zelkova serrata, Sasa borealis*	75	38.92
Sung Ju	*Pinus rigida, Zelkova serrata, Alnus hirsuta Quercus acutissima, Lespedeza bicolor*	63	35.26

20년생 2.6kg, 25년생 4.6kg /m² 등으로 보고하고 있다.

임내퇴적물의 함수량과 가연성

산불은 먼저 발화하기 쉬운 건조한 낙엽부터 시작하여 거기에서 발생하는 많은 열량에 의해서 여기에 접하는 고지나 수목 등의 가연물에 연소되어 순차적으로 확대되어 간다. 公平과 中沖(1971)은 각 종의 낙엽 중에서 발화의 위험이 가장 큰 것은 건초라고 주장하였다. 그에 의하면 발화점이 가장 낮은 것은 고사리류로 350°C에 6.4초, *Abies koreana*는 400°C에서 25.6초, 기타의 수종은 양자의 중간이라 하고 생엽은 고엽보다 연소가 더디며 발화온도까지의 시간도 길다고 하였다. 물론 퇴적물이나 낙엽은 함수량에 따라 가연성에 큰 차이를 나타내며 가연물이 건조할수록 연소도 빠르다(Fig. 4). 보통 푸른 잎은 낙엽이 되면 일주일이내에 함수량이 기건 상태가 되어 가연물의 함수량은 5% 이내로 줄어든다. 특히 가연물의 함수량이 20% 이하이면 대체적으로 가연성이 강해져 함수량의 저하와 동시에 급속히 위험도가 상승되어 간다. 또 공중 습도가 60%일 경우 낙엽의 평균 함수량이 최소 14.3%, 최대 17.9% 정도여서(小田島 1978) 강우량, 공중습도 등의 기상 조건의 영향이 가연물(낙엽)의 건조 흡수의 변화를 결정하여 산불의 위험, 연소의 강약이 규정되고 있음을 알 수 있다.

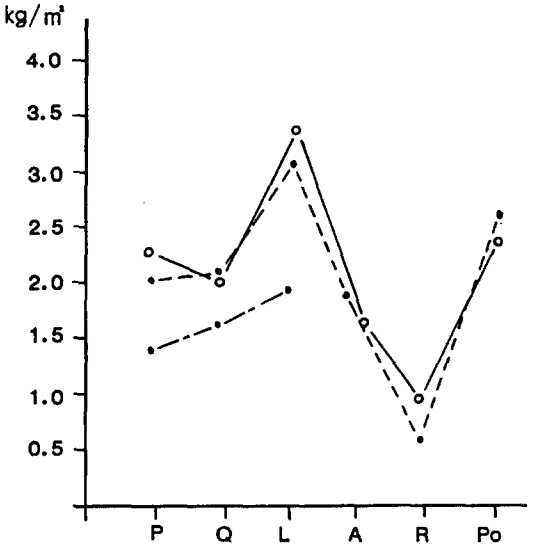

Fig. 3. The combustible quantity of deposit layer

P : *Pinus rigida*
Q : *Quercus acutissima*
L : *Larix leptolepis*
A : *Alnus hirsuta*
R : *Robinia pseudo-acacia*
Po : *Populus* × *tomentiglandulosa*

——— 10
- - - - - - - 15
———— 20
} tree age

함수량 2~6%의 가연물 시료에서 *Pinus rigida* 및 *Larix leptolepis* 등 침엽수종은 등산화로 200회 밟아도 분진율 70% 정도이고 함수량 7~12%는 50% 정도, 함수량 19% 이상은 거의 분진되지 않았으며 낙엽수종 *Quercus acutissima*, *Populus* × *tomentiglandulosa*와 초본류 *Zoysia japonica*는 분진율이 가장 낮았고 그 외는 모두 90% 이상의 분진율을 보였다. 반분진상태에서 *Robinia pseudo-acacia*는 100회 밟았을 때 80% 이상이 분진상태로 분질율이 가장 컸으며 *Quercus acutissima*와 *Populus* × *tomentiglandulosa*는 분진율이 5~10% 정도여서 거의 분진이 되지 않고 직경 30mm~50mm 크기의 조각에 잎이 원형 그대로인 것이 많았으며 기타는 40~60%의 분진율을 보였다.

함수량 7~12%의 시료(C)에서 *Robinia pseudo-acacia*와 *Lespedeza bicolor*는 분진율이 60% 정도였고 *Quercus acutissima*, *Populus* × *tomentiglandulosa*, *Zoysia japonica*는 5~10% 정도로 거의 분진이 되지 못했으며 침엽수종을 제외한 기타는 20% 전후의 분진율을 보였고 시료(B)에서 *Robinia pseudo-acacia*와 *Lespedeza bicolor*가 40% 정도의 분진율을 보

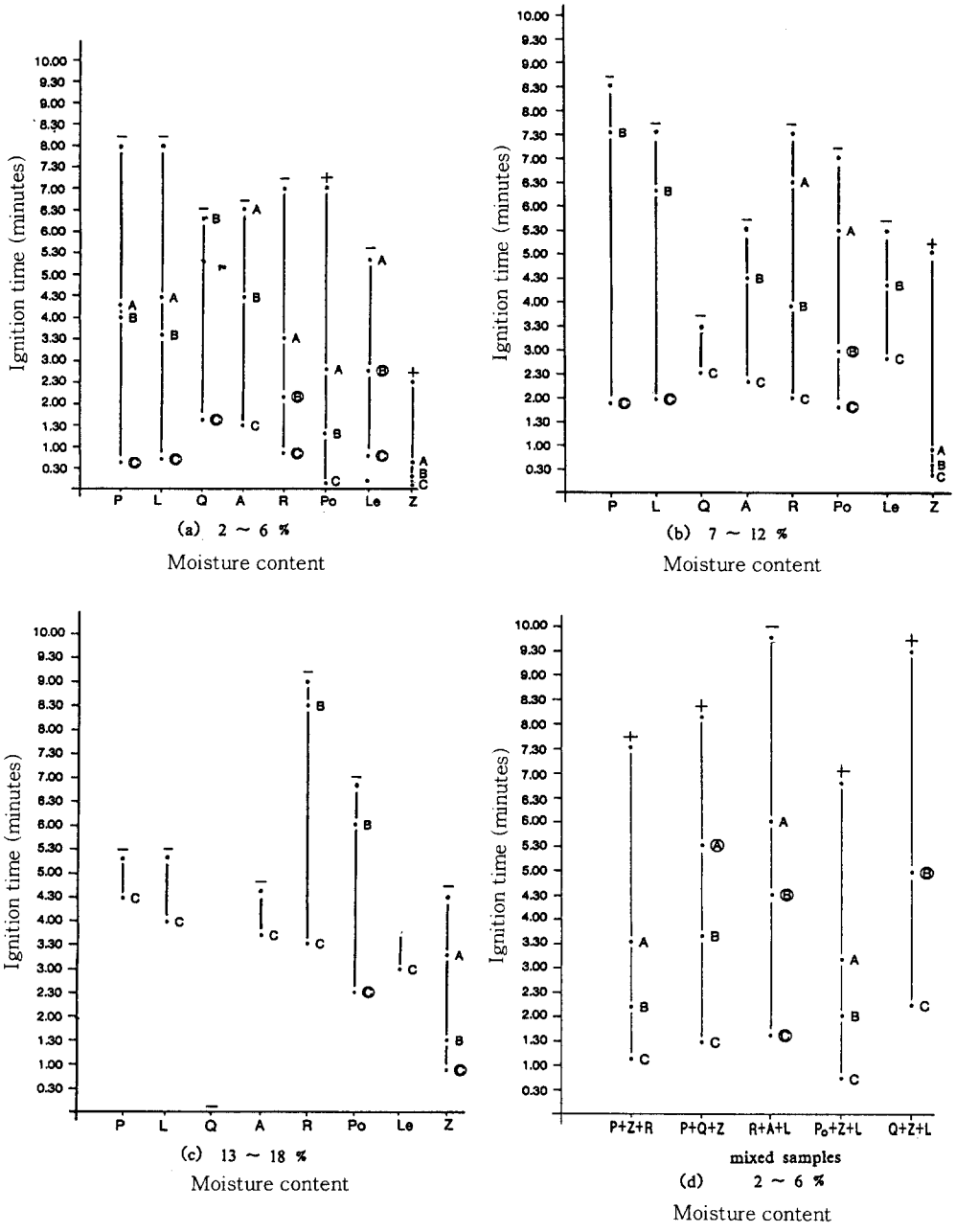

Fig. 4. The combustibility of a deposit by domestic cigarette

P : *Pinus rigida*
L : *Larix leptolepis*
Q : *Quercus acutissima*
A : fallen leaves
B : broken leaves
C : shiver leaves
A : *Alnus hirsuta*
R : *Robinia pseudo-acacia*
Po : *Populus* × *tomentiglandulosa*
\+ : burn
− : no burn
Le : *Lespedeza bicolor*
Z : *Zoysia japonica*
• : catch fire point
○ : dangerous

였으며 기타는 5~15%였다.

함수량 13~18% 시료(C)와 (B)는 분진상태라기 보다는 부분적으로 부서지고 찢겨진 파손엽 상태로 (B)보다는 (C)쪽이 강했다.

가연물의 착화 및 발염

함수량 2~6% 시료(C)의 *Zoysia japonica*에 길이 30mm의 담배불이 접하면 7~10초에 착화되고 30초가 지나면 직경 1cm정도 크기의 부위가 검게 변하여 발화되어 확산되고 2분 30초 전후에 직경 3.5cm 정도로 확대되면서 순간적으로 발염되어 시료 중 착화 및 발염 속도가 가장 빨랐고 시료(B), (A)에서도 5분 이내에 발염되었다. *Pinus rigida*와 *Larix leptolepis*는 35~40초내에 착화되고 3분이 지나면서 직경 1cm 정도 발화되어 확산되며 5분 경과후 연소흑색부위가 직경 2.5cm 이상으로 확대되어 연소흑색부위는 늘어나지만 20분이 경과되어도 자체발염은 좀처럼 일어나지 않았고 시료(B)와 (A)도 착화되나 발염되지 않았다. *Robinia pseudo-acacia*와 *Lespedeza bicolor*는 시료(C)에서 50초 전후에 착화되고 4분 경과후 직경 1cm 정도로 발화되어 확산되며 7분 정도에서 직경 4cm 정도로 연소부위는 커지나 자체발염은 되지 않았으며 시료(B), (A)도 발염되지 않았다. *Populus* × *tomentiglandulosa*는 시료(C)에서 분진되지 않고 파손된 잎이 백색 면모로 덮여 있어 12초 전후에 착화되고 1분이 지나면 직경 2cm 정도로 연소흑색부위가 넓어지고 5분 정도면 7cm로 확대되면서 많은 연기를 발산하여 발염되지만 시료(B)와 (A)는 착화되어 확산되나 발염되지 않는다. 참나무류인 *Quercus acutissima*는 시료(C)에서 1분 30초 전후에 착화되고 10분이 지나면 연소흑색부위가 외관상 직경 2cm 정도여서 다른 종에 비하면 늦으나 불씨가 내부로 확산되어 가는 무서운 불길이지만 15~18m/sec의 강풍의 상태에서는 자체발염은 일어나지 않았고 시료(B)와 (A)에서도 동일하였다. 함수량 7~12% 시료(C)의 *Zoysia japonica*는 25~28초에 착화되고 7~8분이면 발염되나 시료(B)와 (A)는 발염되지 않았다. 침엽수종의 시료를 비롯한 그외의 시료는 착화되나 발염은 되지 않았고 또 함수량 13~18% 시료 및 그 이상의 시료에서도 부분적으로는 착화되나 발염은 되지 않았다.

혼합고엽의 가연성는 Fig. 4의 (d)와 같이 함수량 2~6%의 시료에서 *Zoysia japonica*와 *Populus* × *tomentiglandulosa*가 함유된 것은 8~10분에서 발염되었고 이들이 함유되지 않은 시료는 발염되지 않았다.

3~4월은 많은 식물들이 새싹이 돋아나고 꽃이 피는 봄철이어서 등산객들이 가장 많아 산불발생건수의 80%를 상회하고 있는 시기다. 이것은 낙엽이 많이 쌓여진 등산로를 따라 산을 오르는 등산객들에 의해서 건조된 낙엽이 밟히어 분진되면 여기에 담배불이 떨어질 경우 산불의 발생율이 높기 때문이다. 특히 잔디와 같은 건초와 건엽이 혼합되어진 것이 밟히어 분진율이 높아질 경우는 담배불에 의한 인화성이 아주 강하여 산불의 다발화가 우려되기 때문에 등산시에 불씨의 사용을 금하여 우리들의 건강만을 위한 등산이 될 수 있도록 노력했으면 한다.

적 요

본 연구는 산불의 근원이 된다고 하는 담배불에 의한 연소형태의 특징을 구명하고 그 현상을 해명하여 산불 방지대책의 연구 자료로 기여하자는 데 있다.

국산 담배 종류별 흡연자를 조사한 결과 흡연량은 개당 30mm였고, 흡연하고 버려지는 담배의 길이는 30mm 정도여서 꽁초의 자연연소시간은 약 10분이 소요된다.

삼림내 퇴적층은 평균 58.2mm였고 퇴적물량은 인간간섭이 적은 선치산이 공원화된 계룡산에 비하여 29.6%가 더 많다. 임내 지상 가연물량은 *Pinus rigida, Quercus acutissmia, Larix leptolepis* 등은 수세가 왕성한 15년생과 20년생 조림지에서 가연물량이 평균 2.43kg과 2.55kg으로 다소 많았다.

가연물의 착화 및 발염상태는 함수량 2~6%의 시료(C)의 *Zoysia japonica*와 *Populus* × *tomentiglandulosa*는 5분 이내에 발염되고, 침엽수종인 *Pinus rigida*와 *Larix leptolepis*는 착화되어 불씨는 만들어지나 자체발염은 되지 않았으며, *Zoysia japonica*와 *Populus* × *tomentiglandulosa*가 함유되는 혼합고엽의 시료에서는 모두 발염되어 담배불에 의한 산불은 *Zoysia japonica*와 같은 건초가 가장 위험한 화원이 되겠다.

인용문헌

金寬洙. 1993. 綠地自然度 地域精密調査－忠淸南道. 環境廳 硏究報告書.

임업통계연보. 1993. 산림청 23호. 336p.

公平秀藏・中沖豊. 1971. 林野火災ハソドブツク. 宏林タイムス社, 東京. pp. 90-103.

內藤俊彦・管原龜悅・岩波悠紀・飯泉茂. 1967. 宮城縣蒲生海岸 にすける 松林の 火災 について. 日本生態學會誌 Vol. 17, No. 3. pp. 122.

內藤俊彦・岩波悠紀・飯泉茂. 1971. 靑森縣小田川のヒバ林の山火に關する硏究. 日本生態學會誌. Vol. 21, No. 5・6. pp. 193.

小田島輝夫. 1978. 林野火災實務 手引書. 林野火災對策協會. 東京. pp. 13-33.

日本專賣公社 中央硏究所 統計表. 1978.

中村貞一. 1956. 防火植栽の其礎的 硏究. 京都大學農學部 演習林 報告. 26號. pp. 15.

Iwanami, Y. and I. Shigeru. 1969. Temperatures during *Zoysia* type grassland fires and their effect on the regeneration of *Zoysia japonica* Steud. The Reports of the Institute for Agricultural Research. Tohoku Univ., Vol. 20. pp. 29.

Komarek, E.V. 1971. Fire in the Northern Environment－A Symposium. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. Forest Service. U.S. Dept. of Agriculture. Portland, Oregon. pp. 8-10.

Komarek, E.V. 1967. The Nature of Lightning Fires. Tall Timbers Fire Ecology Conference. Hoberg, California. pp. 6.

Spurr, S.H. and B.V. Barnes. 1980. Forest Ecology. John Wiley and Sons. pp. 275-293.

Wright, H.A. and A.W. Bailey. 1982. Fire Ecology. John Wiley and Sons. pp. 8-12.

(1993년 11월 20일 접수)