

산림화재 경감을 위한 산림학적 대책

이창욱

(사) 한국소방기술사회장

Silvicultural Treatment for Reduction of Forest Fire Hazard

Lee Chang Wook

1. 서론

많은 산림에서 수목의 구조와 연료하중이 오랜 기간에 걸쳐 상당히 변화되어 왔다. 화재의 배제, 산림의 수확, 그리고 여러 가지 대지의 활용 등에 의해 화재발생 빈도가 감소되었으며, 특히 저장도 화재가 많이 감소되어 상부 캐노피 연료와 표면연료가 많이 축적되는 결과를 초래하게 되었다. 요즈음과 같은 상태에서 화재가 발생하면 상부층화재(Crown Fire)나 큰화재가 될 잠재력이 이전의 안정화기간에서 보다 크다고 할수 있다. 따라서 국가정책으로 산림청에서는 상부층화재를 감소시켜 지속가능한 산림환경을 만들어서 산림으로부터 우리가 원하는 자원과 가치를 갖도록 위험이 큰 연료에 대한 처리를 서둘러서 준비하는 정책이 필요하다.

본연구는 건조된 산림에서의 산림연료의 관리와 환경복원에 대해 과학에 기초한 결정을 내리는데 도움을 주기 위한 것이다. 또한 산림의 화재위험과 자원보존과 관련하여 연료처리의 효과를 고려할 필요가 있는 연구분석이나 평가에도 도움이 될것이다. 지금까지 산림의 화재양상이나 그 영향과 관련하여 산림구조나 상층부 연료변경에 대해 분명하게 기술된 지침서는 별로 없는 것으로 안다. 본 논문에서는 산림의 밀도, 캐노피 높이, 캐노피 밀도, 그리고 표면연료의 하중을 변화시키기 위한 정량적이고 정성적인 적용의 과학적 근거를 제공하려고 한다.

상부층화재 감소를 위한 희박화나 표면연료 처리(처방에 의한 의도적연소, 인력 또는 기계력에 의한 연료의 변경)를 이용하기 위한 과학적 근거가 개발되었으며, 대규모 화재에서 연료처리 효율성에 대한 입증, 그리고 화재와 관련된 극심한 기후에 대해서도 논의하였다. 화재 또는 희박화를 수십년 동안 경험하지 못한 산림에서는 의도적 화재나 기타 표면연료 처리법과 함께하는 대규모 희박화가 화재양상과 상부층화재에 의한 잠재위험을 효과적으로 감소시키기 위해 필요하다. 각 산림단위의 처리를 위한 처방은 넓은 조경면적에 걸친 연료의 조건과 관련하여 개발되어야 하며 그렇게 하므로 효과적인 감소된 연료의 공간 패턴이 수십년에 걸쳐 유지될수 있다. 연료처리에 대한 실험에 의한 데이터를 구축하기는 상당히 어려운 일이기 때문에 본 논문에서 제안하는 표면연료의 감소, 캐노피

높이의 증가, 캐노피 밀도의 감소, 큰 수목의 보존과유지와 같은 과학적인 원리들이 산림을 관리하는 결정권자들에게 유용한 지침이 될 수 있을 것이다.

2. 산림구조의 변경

많은 건조하고 수목크기가 낮은 산림의 수직방향 배치상태나 수평적 연속성은 전통적인 수목의 산림구조와는 차이가 있다. 요즈음 우리나라의 산림은 1960년대 이후의 효과적인 조림정책으로 상층부 캐노피의 밀도가 높아졌으며 소나무와 같은 화재에 약한 수종의 비율이 커졌고 키가 큰 나무들이 적게 되도록 조림되어 왔다.

이러한 조건들에 의해 상부층화재(Crown Fire)로 진전되는 표면연료의 존재가 증가되었는데 이는 낮은층의 사다리작용 연료가 유효캐노피 높이가 낮아지게 만들었기 때문이다. 여기서 유효캐노피 높이란 수직으로 화재를 전파시킬수 있는 상당한 캐노피연료가 존재하게 되는 지면으로부터의 가장 낮은 산림의 캐노피 높이를 말한다.

전통적인 큰나무의 산림과는 달리 상부층화재 발생 가능성이 아주 큰 소나무를 주로 삼은 산림정책에 의해 우리나라의 산림은 대규모 산불에 아주 취약한 구조로 되어 있다. 이제 본 논문에서 제시하는 과학적 근거에 의해 치밀하고 계획적인 조림정책과 기존산림의 유지관리 정책을 대폭 변화시켜 대규모 산불에 대비하여야 할 것이다.

3. 산림화재의 연료 등의 조건

산림연료, 지형상태, 그리고 기후조건등이 상호작용하여 에너지 방출, 화염길이, 확산속도 면에서 특별한 화재강도와 가혹도를 만들어 낸다. 비록 본 논문에서는 화재위험과 양상에 대한 산림구조의 영향에 대해 주로 기술하고 있으나, 연료처리에 대한 결정시에는 다양한 공간규모에서 화재에 영향을 미치는 지형상태와 기후조건도 반드시 고려되어야 한다. 어떤 지역에서 특정연료조건을 만들기 위해 필요한 산림구조는 경사도, 방향, 고도, 기온, 습도, 그리고 풍속을 고려하여 결정되어야 한다.

산림구조와 산불의 양상은 분명히 상관관계에 있으며, 따라서 연료감소 조치들이 심각한 화재상황의 회피를 위한 논리적 접근이 될 수 있을 것이다. 연료감소조치의 주된 목적은 화재선강도의 감소, Crown Fire 잠재력의 감소, 성공적 화재진압 기회의 증진, 그리고 산림이 산불로부터 살아남을 수있는 능력의 증진에 있다고 할수 있다. 의도적화재는 표면연료와 화재선의 강도를 감소시키기 위해 온화한 기후조건에서 행해진다. 캐노피 겉보기 밀도(상층부 크라운의 단위부피당 나뭇잎 및 가지의 질량), 캐노피 높이, 그리고 캐노피 폐쇄의 조정 등을 목표로 하는 산림학적 희박화 조치는 표면연료가 비교적 적거나 동시에 처리된다면 모든형태의 Crown Fire로의 발전을 감소시키는 잠재력을 가지게 된다.

어떤 특정 산림 또는 조경에 대한 화재위험은 연료조건인 함수인 화재양상과 그 영향의 양적 잠재력이라 할수 있다. 연료상(床)의 구조와 화재의 개시및 전파와 관련된 연료의 역할을 이해 하는 것이 효과적인 연료관리 전략 개발의 핵심이 된다.

전통적으로 산림의 연료는 상층부연료(캐노피내의 살아있는 물질 또는 죽은물질), 표면 연료(풀, 쓰레기, 지면위에 놓여진 잘려진 나무류), 그리고 지면연료(유기토양물질, 낙엽, 흙에 묻힌 나무)로 분류된다. 이를 좀더 정리하여 분류해보면 (1)산림 캐노피, (2)잡목/작은 나무, (3)낮은식물류, (4)목재연료, (5)이끼나 쓰레기류, (6)낙엽등의 지면연료의 6가지로 구분된다. 이들 각각의 층들은 외면적 모양과 비교 풍부성에 근거하여 별도의 부류로 나누어질수 있다. 어떤 연료층에 대한 변경도 화재양상, 화재진압, 그리고 화재영향에 대한 변화를 초래할수 있다.

4. 화재양상 및 화재영향

연료의 구분에 따라 화재양상은 상부층화재(Crown Fire), 표면화재(Surface Fire), 훈소 화재(Smoldering Fire)로 대별된다.

4.1.상부층화재(Crown Fire) : 수관화(樹冠火)

일반적으로 상부층화재가 환경과 인간가치에 대한 주요위협이 되며 화재관리에서 고려해야할 첫 번째 과제가 된다. 나무의 캐노피가 상부층화재를 일으키는 주된 층이되며, 나무캐노피의 공간적 연속성과 밀도가 연료 함수율 및 바람과 결합되어 화재확산속도와 가속도를 결정하게 된다. 잡목이나 작은나무층도 화재선의 강도를 증가시키고 나무줄기 와 함께 사다리연료(Ladder fuel)의 역할로 표면연료로부터 캐노피연료까지의 연속성을 가지게 하여 능동적 Crown Fire 발생을 용이하게 하므로 상부층화재와 관계된다고 할 수 있다.

수동적 상부층화재(Passive crown fire)는 일명 토칭(torching)이라고도 불리며 사다리 연료를 통해 순식간에 상층부로 화재가 확산되는 것으로 수간화(樹幹火)라 하며 나무를 개별적으로 또는 작은 단위의 나무들을 죽이는 것을 말한다. 한편 능동적 상부층화재(Active crown fire)는 연속적 상부층화재라고도 하며 복합적으로 전체의 캐노피연료를 태는 것을 말하는데 이는 지속적 확산을 위해 필요한 표면연료의 연소에 의한 열전 달에 의존된다. 그리고 독립적 상부층화재(Independent crown fire)는 수동적 또는 능동적 상부층화재보다는 훨씬 덜 발생하는 것이지만, 표면화재로부터의 열과는 상관없이 캐노피연료를 독립적으로 연소시키는 것이며 이 경우에는 상부 Crown내의 순수평연료 와 질량흐름을(확산속도와 캐노피 겉보기 밀도의 곱)이 화재를 지속적으로 확산시키기에 충분한 조건이어야 한다.

상부층화재는 표면화재로부터 지면위 상당한 높이에 있는 캐노피연료를 예열하고 연소 시키기에 충분한 에너지가 표면화재로부터 방출가능할 때 발생된다. 상부층화재는 화염이 길게 뻗어나는 Torching에 의해, 또는 화재가 어떤방법으로든 상부로 이동될때 발생하며 이후 화재가 캐노피를 통해 나무의 상부층에서 다른 상부층으로 확산되어 가는 능동적 상부층화재로 이어진다. Torching은 표면화염길이가 캐노피내 연료의 함수율과 캐노피 높이에 따라 정해지는 임계값을 초과할 때 발생된다. 나뭇잎들의 수분은 한 나무내에서도 다른데 새로 생긴 잎은 일반적으로 오래된 잎보다 함수율이 높으며 각 지방의 기후

에 따라 년중에 걸쳐서도 함수율이 상당히 변하게 된다.

적어도 30(lb/ac · ft)의 캐노피연료가 존재하는 곳 까지의 최소높이로 정의되는 캐노피기 준높이가 함수율이 얼마나 중요한 요소가 되는지를 결정하게 된다. 예로서, 늦은여름에 잎의 함수율 평균이 100%이라면, 7ft의 캐노피높이일 경우 화염길이가 4.5ft를 초과하는 표면화재에서 토칭이 일어나기 쉽다는 것을 의미한다. 만일 상부층연료의 밀부분이 20ft로 올라가면 예상되는 임계화염길이가 9ft가 될 것이며, 따라서 상부층화재를 개시시키기 위해서는 훨씬 강한 표면화재가 필요하게 된다.

능동적 상부층화재의 확산은 토칭에 의해 시작되지만 캐노피 윗부분의 밀도와 화재확산 속도에 의해 지속된다. 상부층화재는 그 전파속도가 어떤 특정 캐노피 연료의 소진율보다 작지는 않은 것 같다. 이 속도는 상부층화재 확산속도와 캐노피 걸보기밀도의 함수로 정의된다. 따라서 상부층화재 전파속도에 대한 실험값이 이용 가능하면 상부층화재의 위험은 캐노피 걸보기 밀도로서 효과적으로 나타낼수 있다. 이러한 캐노피 걸보기 밀도의 임계값 아래에서는 상부층화재가 표면화재로 회귀하는 전이상태를 만들수도 있다.

상부층화재의 가능성을 저하시키기 위해서는, 연료처리를 계획할 때 캐노피 높이, 캐노피 걸보기밀도, 그리고 캐노피의 연속성이 어떻게 상부층화재의 개시와 전파에 영향을 미치는지를 고려하여야 한다. 캐노피 기준높이는 상부층화재 개시에 직접 영향을 미치는 요소로서 매우 중요하다. 그러나 현장에서 이 높이를 파악한다는 것이 어떤 대상 산림에서의 위치에 대한 주관성 때문에 쉽지는 않다. 이런이유로 경험이 많은 사람들에게도 이 높이를 정확하게 정량화하는 것이 어려운 일이 된다.

캐노피의 연속성에는 산림의 주인이 다른 산림지역까지 포함되기도 하지만, 분명히 캐노피의 수평적 슈아넵에 의해 캐노피층의 화재확산을 감소시킬 것이다.

악천후하에서의 상부층화재에 대한 연구결과도 많지 않고 이에 대한 이해도 비교적 빈약한 상황이어서 연료, 지형, 그리고 지역적 기후사이의 상호작용에 대한 복잡성의 문제가 대두 된다. 또한 이와 관련한 실험에 의한 데이터도 매우 부족한 상황이다. 실제로 나뭇잎의 함수율과 에너지 함량은 상부층화재의 성상에 영향을 미치지만 이를 정량화하고 화재모델링 하여 연구한 결과는 극히 드물다. 그리고 낮은층의 잡목들은 비록 BEHAVE와 같은 화재양상 시뮬레이션 모델에는 포함되지만 캐노피 밀도 계산에는 포함되지 않는 것이 보통이다. 이러한 결과로 토칭이나 상부층화재 확산에 대한 예측은 더좋은 실험적 데이터나 이론적 근거가 개발될때까지는 개략적인 계산으로 이해되어야 할것이다.

상부층화재는 특정화재지역의 대부분의 나무캐노피를 제거하며 산지의 지속적인 산림육성계획을 다시 세우게 한다. 상부층화재에서는 항상은 아니지만 일반적으로 하부층 잡목이나 나무들을 죽여 그 풍부성을 감소시키며, 대규모의 장단기 환경영향과 지역의 인간의 정주를 위협하는 큰 잠재력을 갖게 된다.

4.2. 표면화재(Surface Fire) : 지표화(地表火)

표면화재는 메마른 산림이나 반건조 산림에서 더욱 많이 발생된다. 다음과 같은 세가지의 연료층이 표면화재의 개시와 확산에 공헌한다.

(1) 낮은 식물류(Low vegetation)

풀과 같은 식물들이 죽은상태이거나 함수율이 낮을 경우 표면화재로서 전파된다. 낮은 식물류의 연소환경에 대한 공헌도는 산림구조에 따라 상당히 다르게 된다.

(2) 목재연료류(Woody fuel)

베어낸 통나무, 썩은 통나무, 나무그루터기, 쌓아둔 목재 등이 해당된다. 목재류는 표면 화재에서의 에너지방출 성분을 크게 증가시키고 어떤 경우에는 사다리역할 연료와 캐노피연료를 발화시키기에 충분할 정도로 화염길이를 크게 할수도 있다.

(3) 이끼, 쓰레기류(Moss, lichens, and litter)

산림의 바닥에 있는 이런부류의 연료도 표면화재에서 에너지의 방출을 증가 시킬수 있다. 이런부류의 연료는 산림의 구조에 따라 크게 달라진다.

표면화재가 상부층화재로 전파될 잠재성 때문에 나무의 밀도나 상부Crown을 크게 감소시킨 경우에도 표면연료의 처리는 사다리역할연료나 상부층연료와 함께 잘 계획되어야 한다.

표면화재는 표면연료의 몽쳐진 상태, 걸보기밀도, 그리고 나무크기와 종류에 따른 분포 등에 따라 크게 달라진다. 표면화재는 화염양상과 전면전진양상의 두가지 모양으로 연소된다. 에너지방출율은 작은 연료가 소모되는 짧은 화염양상의 기간에는 높게되고, 큰 연료들을 소모하는 비교적 긴 작열이나 훈소의 기간에는 낮은 것이 보통이다. 풀과 같은 작은연료들은 베어진 나무와 같은 큰 목재류보다 화염연소기간이 더욱 짧다.

표면연소는 낮은식물류, 목재류, 이끼류, 쓰레기층들을 제거하는 중요한 역할을 한다. 이렇게 하여 표면화재가 상부층화재로 전파될 잠재성을 감소시킨다.

지표에서부터 상부 Crown사이의 나무줄기나 기타 유사한 연료에 의해 발생되며 상부층화재로 옮겨 불기 까지의 사다리역할 연료에 의한 화재를 수간화(樹幹火)라 한다.

4.3. 훈소화재(Smoldering Fire) : 지중화(地中火)

이는 지면화재 또는 잔류훈소라고도 부르며 중요한 화재양상인데도 흔히들 대부분화재의 한부분으로 간과되는 경우가 많다. 훈소화재에서도 다음의 세가지 연료층들이 훈소의 개시와 느리게 일어나는 확산에 공헌하게 된다.

(1) 지표연료(Ground fuel)

주로 토양의 유기물층 또는 썩은 낙엽더미로 구성되며 연료함수율이 충분히 낮은 경우 며칠씩 또는 몇 달씩 천천히 연소할수도 있다. 계속된 지표연료의 깊은층은 수십 년동안 화재를 경험하지 않은 산림으로서 큰나무 아래에 크게 축적된 유기물이 많은 경우에 많이 발견된다.

(2) 이끼, 쓰레기류(Moss, lichens, litter)

분포면적이 아주 넓은 것이 보통이며 매우 건조한 상태가 되면 훈소화재의 확산이나 표면화재(화염상태)로의 전이가 용이하게 된다.

(3) 목재연료류(Woody fuel)

통나무류, 그루터기나무, 쌓아둔목재등이며 훈소화재의 주요요소로 이해되지만, 몇주 또는 몇 개월동안의 저장도 연소로 지속될 수도 있으며 건조하고 바람이 강한 조건에서는 화염연소의 잠재성도 가지고 있다. 목재류의 연료는 연기발생이 심하고 토양을 심하게 훼손시키기도 한다.

훈소화재는 많은양의 목재연료와 토양 유기물층을 소모시켜 대량의 연기생성이 되게 한다. 또한 유기물질과 탄소의 축적을 감소시키고 활동적인 기간동안 연기생성에 공헌하며 한참지나면 화염연소가 끝나게 한다. 훈소화재는 또한 큰나무의 뿌리와 하부줄기의 신생조직을 죽여 나무에 큰상처를 입히거나 죽게할수도 있다. 훈소화재는 기간이 긴 것이 일반적이므로 표면화재나 상부층화재보다 토양의 가열이 심각한 결과를 초래하기도 하여, 유기물질 감소, 질소의 증발, 혐수층의 형성 가능성이 커지고 이로 인해 토양침식이 되기 쉽다.

5. 산림화재의 이론적 해석

산림화재의 화염확산은 상부층 캐노피의 나뭇가지나 잎들 또는 적재 목재류와 같은 격자식 고체연료를 통해 일어나는 확산이라 할수 있다. 이는 도시의 밀집주택의 격자형태를 통한 큰 규모의 풍조 화염확산과도 유사한 양상이다. 이런종류의 확산을 개방계 또는 불연속연료상(床)의 화염확산이라고 부른다. 이런 부류의 확산에서는 확산을 일으키는 전방향의 열류는 그 격자내에서의 확산이 주요요소이며 외부 격자표면의 확산은 미미한 것으로 볼수 있다. 따라서 이러한 확산에서는 격자구조내 연료의 연속성이 확산 메커니즘의 해석에 가장 중요한 요소가 되며 이를 정량적으로 해석하기 위해 연료의 걸보기밀도에 대한 개념도입이 필요하게 된다. 격자속의 연료질량을 이를 이루는 격자의 부피로 나눈값을 걸보기밀도 또는 용량밀도라고 정의한다. 격자내 연료의 각 요소들이 일정하게 가열된다고 가정하면 화염확산 속도식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{q''}{\rho_b C (T_{ig} - T_s)} \quad \text{여기서, } T_{ig} : \text{발화온도, } T_s : \text{표면온도}$$

산림화재에서의 열류와 열적특성치들은 거의 일정한 것으로 볼수 있으므로 결국 확산속도(V)가 걸보기밀도(ρ_b)에 반비례함을 알수 있다. 이러한 관계는 넓은 범위의 두께를 통한 목재연료에서는 일반적으로 타당한 것으로 인정되고 있다. 비록 이식이 화염확산속도에 영향을 미치는 모든 요소들(예로서, 함수율 등)을 고려한 것은 아니지만, 격자내 각연료단위가 열적으로 얇은 경우에는 그대로 적용될수 있다. 그렇지 않으면 걸보기밀도가 각단위의 유효밀도로 대체되어야 하는데 이런 경우에는 각단위의 표면층만이 화염전면이 도달하기 전에 가열된다는 것을 의미한다. 확산의 메커니즘에는 화염면 전방으로의 복사

열전달이 포함되는데 전진 화염면은 고요한 공기조건에서의 수직방향 확산에도 적용된다. 산림과 같은 격자배열 구조를 통한 풍조화염확산에 대해 Thomas가 제시한 식은,

$$V = (1+V_{\infty})C/\rho_b$$

여기서, V : 화염확산속도, m/s

ρ_b : 겉보기밀도, kg/m³

C : 상수, 야생연료 : 약 0.07 kg/m³, 직경 3cm 나무작대기 : 0.05kg/m³

V_{∞} : 풍속, m/s

그림 1과 그림 2에서는 여러종류의 격자배열 목재연료에 대해 실험한 확산속도에 대한 밀도의 관계, 그리고 풍속의 관계를 각각 보여주고 있는데 그 관계의 정확성을 잘 나타내고 있다. 특히 풍속과의 관계에서는 풍속이 4m/s까지는 비교적 잘 맞지만 풍속이 10m/s를 초과하는 강풍의 경우에는 그 편차가 심한 것을 볼수 있다.

산림화재에서는 지면상의 잡목을 통해, 또는 겉보기밀도가 적고 연료 밀집상태가 얇은 나무 윗부분을 통해 가장 급속하게 화재가 확산된다. 대기의 상대습도가 낮고 건조한 상태에서는 Crown 화재의 확산속도가 더욱 빠르게 된다. 상대습도가 낮다는 것은 대기의 복사 투과도(Transmissivity)가 커진다는 것을 의미하며 대기중 수증기가 적어 복사열전달이 용이하게 일어난다는 것을 의미한다. 일반적으로 대기의 복사 투과도는 수증기와 이산화탄소에 의한 복사열의 흡수효과에 의해 결정되며, 복사열은 분자구조가 대칭인 기체(H₂, O₂, N₂)속을 통과할때는 열손실이 없으나 공기중의 수증기, CO₂, SO₂, 탄화수소 등의 비대칭구조 분자나 오염물질속을 통과할때는 복사가 흡수되어 열손실이 발생된다.

$$T_a = 1 - a_w - a_c$$

여기서, T_a : 대기의 투과도

a_w : 수증기의 복사흡수계수

a_c : CO₂의 복사흡수계수

이러한 수증기나 이산화탄소의 흡수계수는 각각의 부분증기압과 복사원까지의 거리에 의존된다.

또한 우리나라에서 4월중에 많이 발생하는 대형 산불의 경우 건조한 상태에서 초속 15m/s 이상의 계절풍에 의한 Fan 현상이 주요 요인임을 주목해야 할것이다. 산림화재에서 이러한 강풍이 불때는 비화(飛火)가 발생되어 불씨가 날아가는 거리가 수백 m에서 1.5 Km 까지 되는 경우도 있으며, 이렇게 하여 비교적 먼곳에서도 불씨에 의해 산림화재의 확산을 일으켜 대규모 산불재해를 일으키는데 이를 비화(Spotting)이라 한다. 강풍과 비화에 의한 대규모 산불의 예를 2000년의 고성 산불과 2005년의 양양 산불에서 우리는 경험한바 있으며 이때도 임도나 인위적으로 만든 방화선(Fire Break)을 넘어서 화재가 전파되

어 피해가 컸든 것으로 알려져 있다.

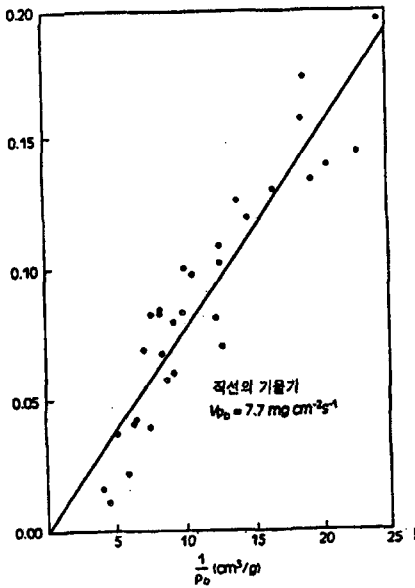


그림 1. 화염확산에서 걸보기 밀도의 효과

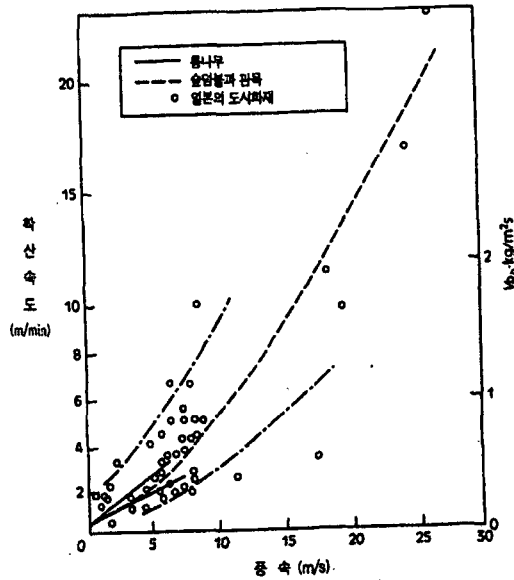


그림 2. 화염확산속도의 비교

6. 연료의 처리: 희박화 및 의도적 화재

연료처리는 일반적으로 상부층 연료, 사다리 연료, 표면연료에 대해 처리하는 것이며 산림학적 작업과 의도적 연소에 의해 각층의 식생을 변경시키는 방법이 있다. 캐노피연료와 사다리연료는 크라운의 종류, 산지의 기준지역, 그리고 캐노피밀도를 목표로 하는 산림의 희박화 작업에 의해 개선될 수 있다. 표면연료(특히 목재류 연료와 쓰레기류)는 연료를 제거하거나 감소시키는 의도적화재나 기타 다양한 조치에 의해 변경될 수 있다. 산림학적 처리나 의도적화재는 단기간 또는 장기간에 걸쳐 식생의 역학을 변경시킬 수도 있다. 산림 캐노피의 개방에 의해 산림바닥으로의 빛이 증가되고 풀이나 관목의 증가, 연료구조의 변경, 어떤 경우 식생을 위한 연속되는 통과로의 증가에 대한 잠재성이 있게 된다.

연료처리에서 필수적으로 고려해야 할 사항으로는,

- (1)어떻게 산림으로 출입되고 기계적으로 처리되어야 하는지
- (2)어떤물질이 제거되어야 하는지
- (3)수종, 크기, 연료조성에 따라 어떤물질이 현장에 남아야 하는지

일 것이다. 희박화 잔유물의 관리과정에서 줄기나 잎이 현장에 남아 있으면 거의 확실하게 미세연료가 증가하여 희박화후 연소환경에 영향을 미친다. Feller buncher와 같은 지상장비는 일반적으로 연료의 공간분포를 변화 시킨다. 진행전에 산지로부터 커다란 줄기

들을 제거 시키는 장비는 넘어뜨리는 작업이나 지역내의 작업보다 연료하중을 덜 증가시킨다. 헬리콥터에 의한 정리나 케이블 이용 시스템은 잘 처리되지 않는 한 표면연료를 증가시키는데 왜냐하면 통나무가 제거되면서 나무 크라운에서 잘라진 것들이 뒤에 남기 때문이다.

가지를 쳐서 분산시키거나 잔류연료를 잘게 잘라서 산지의 바닥에 분산시키는 방법이 회박화후 상업적 가치가 없는 부분들에 대한 처리에 많이 이용된다. 이들 물질들이 쪼개지고 압축되어 지면연료가 되지않는한 이들에 의해 화재선 강도와 화염길이를 증가시킬 수도있다. 현장에 남은 물질의 의도적연소에 의해 어떤상황에서의 남겨진 표면연료를 효과적으로 감소시킬수 있을 것이다. 모아서 태우는 방법은 특히 살아있는 나무아래에서 산림바닥의 회박화 물질 제거에 더욱 효과적이다. 연기생성이나 탄소의 방출 때문에 연소방법이 허용되지 않는다고 생각될때는 산림에서 직접 제거되거나 잘게 쪼개어 현장에 남겨둘수도 있다.

(1)산림학적 회박화(Silvicultural Thinning)

산림학적 회박화는 연료하중을 경감시키고 궁극적으로는 화재양상을 개선한다는 주된 목적으로 행해진다. 그러나 파괴, 가지치기, 산림바닥의 처리로 오히려 미세연료 하중을 증가시킬수 있다. 회박화된 산림에서의 확산속도나 화재선 강도는 회박화에 이어서 회박화로 생긴 표면연료의 감소와 배치의 변경이 뒤따라야만 통상적으로 크게 감소 될수 있다. 나무층의 특정부분을 제거하는 회박화는 화재양상의 변경, 남은 나무들의 성장과 활력 증진, 그리고 어떤 야생 동식물의 생육조장을 위해 이용된다. 몇가지의 회박화 방법들:(a)상부층 회박화, (b)하부층 회박화, (c)선택적 회박화, (d)자유 회박화, (e)지리적 회박화, (f)다양한 밀도 회박화의 특징을 표 1 에서 보여준다.

표 1. 상부층화재관련 회박화처리의 효과

회박화방법	캐노피기준높이	캐노피겉보기밀도	캐노피연속성	전체적 효과
상부층	약간영향	상부에서는 저하 하부에는 최소영향	상부의 연속성 저하 하부에는 최소영향	상부층 화재확산 약간 감소,토칭에
하부층	크게 증가	하부에 큰영향, 제거 나무크기에 따라 상	하부에 큰영향, 제거 나무크기에 따라 상	상부층화재 개시, 토칭 크게 감소
선택적	영향무	상부에서는 저하 하부에는 최소영향	상부의 연속성 저하 하부에는 최소영향	상부층확산 약간 감소, 토칭영향무
자유	약간에서 중간정도정도 증가(제거 나무에 따라)	약간에서 중간정도 감소(제거나무따라)	약간에서 중간정도 감소(제거나무따라)	많은나무제거시 상부층확산 약간 감소, 토칭약감소
지리적	양향무	약간에서 중간정도 감소(간격, 수종따라)	약간에서 중간정도 감소(간격,수종따라)	상부층화재 확산 개시감소(간격크) 토칭감소
다양한 밀도	나무제거부분 증가	나무제거부분 감소	중간에서 크게까지 감소	상부층화재확산 감소, 개시약감소, 토칭약간감소

각각의 회박화 방법에서 제거되는 수종들은 다음과 같이 특정될수 있다.

(a)상부층 회박화

큰직경 나무를 제거하며 같은크기 수종중 가장 활기있는 나무의 개발에 도움을 준다. 잘려지는 나무는 대부분 두번째로 지배적인 공동지배 수종들이지만 중간정도 지배 또는 가장 지배하는 수종도 제거되기도 한다. 이방법에서는 모든 피지배나무보다는 경쟁 나무층의 제거에 초점이 맞추어 진다.

(b)하부층 회박화

주로 작은나무들을 제거하는 방법이다. 이방법은 내부경쟁 또는 상호경쟁에의해 죽을 운명이 되게하는 방법과 유사한 것이다. 이와 같은 낮은층 회박화에서는 중간층또는 눌러진 나무들을 목표로 하는데 공동지배 나무나 지배적 나무가 제외되는 것은 아니다. 공동지배나 지배나무가 제거되고 나면 모든 작은나무, 중간층나무, 그리고 위가잘린 나무들도 제거된다. 자를 나무들의 직경한계를 정해놓기도 한다.

(c)선택적 회박화

큰나무들을 제거하여 작은나무들의 성장을 자극시키는 것이 목적이다. 통상 “상부정비”로 불리는 이방법은 경제적으로 가장 가치있는 나무들을 제거하는 것이다. 이방법은 구조의 다양성, 야생동식물의 서식처와 같은 여러 가지 목적이 있는 산림관리 프로그램에 제한적으로 이용된다. 이러한 제한은 미래 산림육성의 옵션 때문이다.

(d)자유 회박화

주로 선택적으로 개별나무들을 제거하고 나머지는 남겨두는 방법이다. 절단은 상부캐노피 위치에 상관없이 남겨지는 나무들이 잘 경쟁하도록 설계하여 이루어진다. 이방법은 일반적으로 산림의 구조적 다양성을 증가시키기 위해 이용된다.

(e)지리적 회박화

상부층 캐노피의 위치에 별로 구애받지 않고 사전에 정해진 간격이나 기타 지리적모양에 따라 나무를 제거한다. 이방법은 수령이 적고 고밀도인 나무에 흔히 적용된다. 그리고 일차적 회박화에만 적용된다. 공간적 회박화나 열에 의한 회박화가 이방법에 적용된다.

(f)다양한 밀도 회박화

여러가지 산림학적 회박화 방법을 조합하여 이용하는 방법으로 어떤곳에서는 특정나무들을 남겨두고 또다른 곳에서는 작은나무들을 남겨둔다. 이방법에서는 캐노피내에서의 연료의 연속성을 감소시켜 상부층화재의 재해를 감소시킨다. 어떤 목적밀도를 위해 이방법은 나무와 캐노피 구조의 공간적 이질성을 증가시킨다. 이 기술은특정식물이나 동물의 크고작은 공간규모에서의 보다 나은 서식특성을 조장한다.

(2)의도적 연소

의도적연소는 표면연료를 제거하기 위해 많이 이용된다. 의도적연소의 효율성은 기 후, 초기연료상태, 그리고 관리자의 기능에 많이 좌우된다. 상부층화재 개시의 확률이 낮을 경우에만 안전하게 이행할수 있게 된다. 이는 사다리연료가 아주 적어야 하며 이런 조건

은 회박화후에만 있을수 있다. 크고 화재저항성이 큰 나무를 산림학적 처리에서 보지하게 되면, 후에 화재가 발생할 때 작고 화재저항성이 낮은 남아 있는 나무들의 전층에 걸친 화재손상을 감소시킨다. 어떤 경우에는 캐노피와 그 아래층나무의 제거는 의식적으로 표면의 바람이동을 증가시키고 살아있는 연료와 죽은연료의 건조가 용이하게 하며, 이 경우 사다리연료와 표면연료의 효과적인 제거에 의해 연료하중과 화재확산 잠재력을 감소시킴으로 이런요소들이 완화되어야 한다.

회박화와 의도적연소에서 주어진 산림의 연료상에서 각기 다른 성분들을 목적으로 한다.

의도적연소는, 표면연료의 감소, 공간의 형성, 그리고 지면연료의 감소 측면에서 매우 효과적일수 있지만, 비교적 덜 정확한 처리법이다. 의도적연소는 산림바닥의 연료 연 속성을 감소시킴으로 화재양상의 잠재력에 영향을 미치며 그렇게 하여 화재확산속도를 감소시키고, 화재강도를 저하시키고, 사다리연료와 상부층으로의 화재확산 가능성을 감소시킨다. 처방에 의한 의도적연소방법은 일반적으로 회박화에 비해 단위면적당 비용이 싸다. 그리고 어떤 경우 대부분 작은나무들을 죽임으로 줄기 밀도와 사다리연료의 감소에 이용될수 있다. 의도적연소는 제거목표가 아닌 개별적나무나 나무의 군생들을 죽이기도 한다. 떨어진 죽은 가지는 표면화재확산에 도움이 되는 미세연료를 증가시키며, 떨어진 줄기는 에너지 방출과 연기생성의 잠재력을 증가시킨다. 의도적연소는 연기생성에 의해 지역사회의 공기질을 저하시키며 산림의 경관에 영향을 미치는 숲생성의 원인이 되기도 한다.

7. 화재로 인한 재해와 화재 잠재력의 정량화

상부층화재의 연소환경을 이해하기 위해서는 캐노피와 잡목/작은나무층내의 연료에 대한 정확한 정량화가 필요하다. 상부층화재발생과 그 가혹도를 감소시키기 위해 유효한 기술들에는 (1)캐노피기준높이의 증가, (2)캐노피겉보기밀도의 감소, (3)산림 캐노피연속도의 감소, (4)표면연료의감소와 같은 방법을 들수 있다.

화재양상에 대한 특정연료처리법의 효과를 정량화 할수 있는 실험데이터가 거의 없다는점 때문에 연료처리에 대한 구체적이고 정량화 가능한 기준들이 관리자나 산림학자가 화재재해의 감소를 위해 원하는 연료조건을 구하는데 도움이 될것이다. 캐노피기준높이, 상부층 겉보기밀도, 연속성에 대한 바람직한 조건들은 연료상(床)과 상부층화재 재해에 대한 관리목표에 의존된다. 예를들면 관리자들은 특정가혹도의 기후조건 또는 어떤 시간 지연의 함수조건과 같은 정해진 화재관련 기후조건에 대한 잠재적 화재양상에 대한 평가를 일반적으로 하게 된다. 그 외에 바람직한 조건들이 경사도와 관련하여 조정되어야 하는데 이는 기류가 대류현상에 의해 가열시키고 상부경사로의 화재확산 때문에 화재양상을 크게 만드는 급경사지에서는 상당한 연료의 제거가 필요하기 때문이다.

(1) 캐노피 기준높이

이 높이는 토칭과 잠재적 상부층화재 개시를 막기 위한 특정 연료상에 기인되는 예상 화염길이보다 상당히 높아야 한다. 대부분의 건조된 산림에서는 이 높이가 20ft(6m) 또는 그 이상이 된다. 최악의 기후조건에서의 화염길이를 표준으로 사용하면 가장 위 협성이 작은 선택이 될것이다. 초기의 줄기밀도와 캐노피구조에 따라 줄기밀도와 기 준면적의 요구 감소수준은 산지에 따라 상당히 달라지게 된다. 캐노피기준높이의 목표 치는 여러 가지 산림형태의 캐노피연료에 대한 정보로부터 유추하여 정해질수 있다.

(2) 캐노피 결보기밀도

결보기밀도는 기후와 화재확산속도의 함수인 한계값이하로 유지되어 상부층화재가 표면화재로 거꾸로 전이될수 있도록 하여야 한다. 비록 캐노피밀도가 개략적으로 0.1kg/m³ 정도 되어야 한다는 보고는 있으나 그 한계값이 잘 정의되어 있지는 않다. 위에서와 마찬가지로 줄기밀도와 기준면적의 요구 감소수준은 산지에 따라 달라진다. 어떤 경우 수십년 동안 의도적이든 자연적이든간에 화재경험이 없어서 하부층밀도가 매우 큰 경우 목표로 하는 결보기밀도를 얻기위해 75% 또는 그이상의 줄기를 제거해야 하는 경우도 있다. 캐노피밀도의 목표치도 산림형태에 따른 캐노피연료 정보를 이용하여 유추할수 있다.

그 이하에서는 상부층화재 개시와확산이 어려운 한계값 설정을 위해 기본적 화재양상의 원리와 산림의 생태학적 관계가 이용될수 있다. 기후, 표면연료자료, 그리고 산지자료 등과 조합하여 이러한 한계수준이 어떤 상부층화재의 발생이나 확산이 어려운조건 을 정하는데 이용될수 있다. 일반적으로 수종간의 차이는 밀도들과 크기분류에 의한 차이만큼 크지는 않다. 화재저항성도 하나의 요소이기 때문에 캐노피결보기밀도는 회 박화 처방에서 고려해야할 한가지 요소일 뿐이다.

(3) 캐노피 연속도

연속도는 더욱 정량화하기 어려운 것이며 따라서 더욱 주관적인 연료처리 목표가 된다. 일반적인 목표는 나무 캐노피간의 물리적 접촉을 감소시켜 캐노피를 통한 화재확산을 감소시키는 것이다. 극심한 기후조건동안에는 화재가 수평으로, 수직열류를 통해, 그리고 잔화의 흩어짐에 의해 확산될수 있고, 따라서 상부층화재를 효과적으로 감소시 키기 위해 비교적 넓은 캐노피간격이 필요하게 된다. 현장에서 일반적으로 이용되는 한가지 방법으로서, 주변 크라운간의 거리가 그 지역의 상호 지배적인 나무들의 평균 직경정도는 되어야 한다.

크라운의 전체 기준면적에서 그지역면적을 나누어 구해지는 크라운경쟁팩터는 캐노피 결보기밀도와 연관되는 것으로서 크라운연료를 대표하는 하나의 현장 측정값으로서 의미를 지니게 된다. 예로서, 크라운경쟁팩터가 140이하인 산림의 경우 캐노피밀도가 상부층화재 가능성을 크게 감소시키기에 충분할 정도로 낮다는 것을 의미하게 된다. 그러나 이러한 파라미터가 희박화를 위해 얼마나 잘 적용될 것인가를 결정하기 위해서는 추가적인 실험데이터가 필요할 것이다.

(4) 표면연료의 감소

표면연료의 감소방법은 주로 의도적연소에 의해 작은식물들이나 잡목, 쌓아둔 나무들을 제거하는 방법이지만 이에 대한 정량화는 쉽지 않다. 어떤산림에서 이들의 양은 크라운연료와는 달리 상황에 따라 상당히 변하는 것이기 때문이다. 회박화 작업에 의해 남겨진 나무가지류들이나 살아있는 식물류, 심지어는 쓰레기도 이부류에 해당되므로 그 양을 가늠하기란 현실적으로 어려운것이고, 따라서 이들에 대한 처리를 위한 계획을 수립할 필요가 있을때는 사전 현장조사에 의한 정량화 방법이 가장 실용적일 것이나 여기에도 그 정확도에는 의문이 생기지 않을수 없다고 할 것이다.

8. 화재기후의 영향

흔히들 화재기후는 다른 규모로 인지된다. 작은 공간과시간 규모의 기후는 연료의 함수율을 조정하게 되는데 이에따라 하루중이나 매일에따라 가연성의 변화를 가져오게 된다. 산림화재나 의도적화재 동안의 화재위험성이나 연소의 잠재력, 그리고 화재확산을 결정하기위해 산불관리자들은 화재발생이 쉬운 계절에는 항상 온도, 상대습도, 풍속, 풍향 등을 모니터 해야 한다. 넓은 공간과 시간 규모의 기후 또는 풍토 기후조건은 상부층화재 확산과 같은 극심한 화재양상과 대규모 화재의 발생을 제어한다. 연료와 풍토기후간의 상대적 영향은 대부분의 산림생태 시스템에서 불충분하게 정량화되어져 왔다.

화재양상과 가혹도, 특히 표면화재에 영향을 미치는 주요요소인 연료, 지형, 그리고 기후에 대한 광범위한 과학적 데이터가 존재한다. 그러나 산림화재에 대응할때의 병참상의 여러 가지 제약사항 때문에 실험데이터의 유용성과 통용이론들이 극심한 화재기후에 대해서는 더욱 제한적이다.

대규모 산불은 건조한 기후조건 동안이나 바로 그 이후에 가장 흔히 발생하는 경향이 크다. 건조기후와 이에 따른 발화잠재성은 고기압으로 둘러싸인 산동성기와 같은 뚜렷한 기후조건인 양태에서 가장 보편적이다. 또한 큰규모 산불의 시간에 따른 변화가 적어도 부분적으로는 장기적 기후양상의 변화에 기인되기도 한다. 극심한 기후조건은 따뜻한날에 심한경사를 따라 생기는 것이 보통이며 상부층화재의 급속한 확산과 타고있는 불씨의 먼거리 이동으로 흩어지는것(이를 비화(飛火)라 함)을 용이하게 만드는 기후조건이 된다.

9. 지형의 영향

지형은 다른 공간규모들에서 화재양상에 영향을 미친다. 일반적으로 0-30%경사에서는 확산속도가 두배가되며, 30-60%경사에서는 다시 두배가되고, 70%경사에서는 평지에서보다 확산속도가 10배 까지 되는 것으로 알려져 있다. 좁은 V자 협곡에서는 옆의 경사면으로 복사열전달이 되어 활발한 화재 전면의 연료를 건조시켜 확산속도가 더욱 빨라지게 한다. 산동성기와 같은 지역적 불연속성은 난류가 생기게 하여 확산속도와 에너지 방출에 영향을 미친다. 지형이 일반적인 화재확산 방향과 풍향과 더불어 화재선의 강도와 그 효

과에도 영향을 미친다.

전면화재(Head Fire)는 일반적으로 상향경사에서 주활동화재와 같은 방향의 화재로서 통상 화염길이가 길고 크라운에 상해를 입히고 나무를 죽게하는 심각한 잠재력을 갖는 것이다. 후진화재(Backing Fire)는 일반적으로 하향경사에서 주활동화재와 반대방향의 화재로서 전면화재보다는 훨씬 천천히 확산되며 그 결과 연료를 더욱 완전하게 연소시키고, 나무뿌리나 신생조직을 죽일 정도로 지면연료가 뜨겁게 연소되지 않는한 나무에 대한 영향은 비교적 적다. 측면화재(Flanking Fire)는 일반적으로 경사를 가로질러 주활동화재의 측방향인 화재로서 확산속도와 그 영향이 중간정도이다.

10. 연료처리에 적용되는 과학적 원리

산림 생태시스템은 원천적으로 복잡한 것으로서 현지에 맞는 화재양상을 위한 구체적인 개선은 산림구조와 연료에 대한 지역적 데이터의 양과질에 직접적으로 비례한다고 할 수 있다. 화재양상에 대해 개발된 모델링 기법이 표면화재와 작은 공간규모에 대해서는 합리적으로 잘맞는다고 할 수 있으나 상부층화재나 대공간규모에 대해서는 아직 걸음마 단계라 할 수 있다. 연료, 지형, 그리고 기후의 상호작용에 대한 우리들의 이해도 소규모와 평범한 기후에 대한 것이 대규모와 심한 화재기후의 경우보다 훨씬더 깊이가 있다. 이러한 복잡한 상황을 맞아서, 결정을 내리는데 도움이 되고 향후 데이터 수집에 지침이 되는 기본적인 과학원리에 초점을 맞추는 것이 더욱 중요하다고 할 것이다.

화재성장에 대한 이러한 기본적인 원리들이 적절한 데이터만 있다면 정성적으로 뿐만 아니라 정량적으로도 적용될 수 있다. 각 원리들의 비교중요도는 관리목표와 연료처리의 특정 위치에 따라 변할 수 있다. 한가지 접근법으로서 정해진 화재재해가 일어나거나 특정 화재 기후에 대한 예상 화재양상 결과에 도달하는 원하는 연료조건을 목표로 하는 방법이 있다.

연료처리와 산림화재간의 관계는 문서화된 과학적 원리와 제한적인 실험 데이터에 근거한다. 적절한 희박화와 잇다른 잔류물 처리는 넓은 범위의 구조, 연료, 그리고 지형조건 하에서 표면화재재해와 상부층화재재해를 감소시키는데에 분명히 유용하다. 급경사와 극한 화재기후는 화재관리를 위해 언제나 도전해 볼만한 것이며 화재재해를 감소시키기 위해 연료의 비교적 많은 제거가 요구된다.

책임자급 관리자들은 유용한 최고의 정보와 지역조건에 대한 전문가의 의견을 활용할 필요가 있고, 그 뿐만 아니라 어떤 특정 산림이나 환경에 대한 처리와 관련하여 수용가능 위험의 수준을 분명하게 정해 주어야 한다. 실험의 데이터베이스가 점점 많아 질수록 산림구조가 대규모 산림화재 재해에 어떻게 영향을 미칠지에 대한, 그리고 정량적 연료관리 방법에 대한 정보로서 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

다음과 같은 네가지의 기본적인지만 도전할 가치가 있는 점에 의해 적용할 연료관리의 효과가 증가될 것이다.

첫째, 시간에 걸친 연료의 변화를 추적한 연료와 지리적 정보에 대한 양질의 실험 데이터가 필요하다.

둘째, 효과적으로 화재재해를 감소시키고 또다른 자원의 목표를 달성하기 위한 처방을 개발하기 위해 화재관리자, 산림학자, 기타 자원관련 전문가들이 함께 일할 필요가 있다.

셋째, 지역의 관리단위들이 처리후 연료의 상태와 산불 발생시의 연료처리의 효과를 모니터링할 필요가 있다.

넷째, 주기적인 연료처리의 적극적인 계획이 원하는 수준의 화재재해나 기타 조건들을 유지하기 위해 이행되어야 한다.

11. 결론

우리나라에서도 봄철이면 매년 발생하는 산림화재에 의해 아름다운 산야의 생태계가 파괴되고 자연이 심각하게 훼손되는 현실이 반복되고 있음을 보고 안타까움을 금할길이 없고, 또한 산불에 의해 거의 황폐화된 곳에서는 산림을 통한 함수능력을 상실하여 산사태와 같은 2차재해가 우려되어 더욱 우리를 불안하게 하고 있다. 한번 훼손된 산야가 완전하게 복원되는데는 다시 수십년의 세월이 소요됨을 생각하면 이러한 산림재해의 사전 예방에 대한 중요성을 간과 할 수는 없을 것이다. 산불이 한번 발생하면 계획에 의한 산림학적 예방조치가 취해져 있지 않은 넓은 지역에 걸쳐 화재가 확산되어 자연의 파괴뿐만 아니라 서식하고 있는 동식물의 생태계 파괴 및 환경적 악영향이 상당히 큰 것이 사실이다. 우리나라에서는 해마다 식목일을 전후하여 많은 식목을 하지만 오히려 산불에 의한 황폐화로 잃어버리는 나무가 더 많다고 알려지고 있다. 식목도 전문적이고 과학적인 조림 계획에 의한 식목이 되지 못하고 비전문가에 의한 의무적인 식목이 되어 산림학적 관리에 문제점을 드러내고 있는 것이 사실이다. 또한 극심한 기후조건에 의해 발생하는 비화에 의한 산불의 광범위한 확산을 일부라도 방지하기 위해서는 산림내로 출입하는 임도(林道)를 크게 준비하고 그 주변에 일정너비의 초지를 조성하여 효과적인 방화선이 되도록 하고 진압장비의 출입도 용이하게 하여야 할 것이다.

이에 본논문에서는 연료처리에 의한 산불예방과 기타 조건의 구비에 의한 산불확산 방지의 중요성을 강조하고 있다. 연료처리에서 그 처리의 종류와 순서는 표면연료의 량, 하부층과 캐노피중간 나무의 밀도, 연료처리의 식물·토양·야생동식물에 대한 장기적 관점의 잠재영향, 연기생성에 의한 단기적 잠재영향에 의존된다. 수십년동안 화재를 경험하지 않은 산림에서는 흔히 복수의 연료처리 방법들이 요구된다. 회박화에 이어서 의도적 연소로 처리하면 캐노피, 사다리, 그리고 표면연료가 감소되고 미래의 심한 화재로부터 최고의 방호를 달성할수 있다. 어떤곳에서 연료가 현재 많이 축적되어 있으면, 한가지 처리 또는 회박화와 조합한 복수처리가 초기에 필요할수도 있으며 상부층화재 재해의 감소를 위해 장기적인 유지관리를 위한 연소나 기타 감소방법이 잇달아 시행되어야 한다.

우리나라에서도 매년 상당한 너비의 산림소실을 경험하고 있는바 과학적 이론에 근거한 산림학적 처리로서의 회박화나 의도적 연소의 방법을 신중하고 치밀한 계획에 의해 시행 하여 아름다운 산야의 더 이상 손실을 막아야 할 것이다.