

산림화재의 특성과 연소에 영향하는 인자



정 언 하

(임업연구원 전문연구원. 농학박사)

우선 산림 화재의 특성에 대하여 알아보기 전에 산불 발생이 지구 차원에서 어떠한 의미를 가지고 있는가 살펴봄이 필요하다고 여겨진다.

지구 환경 보전을 위한 산림의 지속 가능한 개발 경영에 관한 범세계적인 노력은 1980년대 UN 기구를 중심으로 확산되어 왔다. 이와 같은 범세계적인 환경 보존 운동은 1992년 6월 브라질 리오 데자네이로에서 178개국 대표가 모여 환경과 개발에 관한 선언을 하는 결실을 맺게 되었고 산림 분야는 “의제 21”로 논의되어 산불도 산림 황폐 방지 차원에서 국가적 차원의 활동을 추구한 바 있다.

이에 앞서 범세계적 산불 관리 정보 교환 및 협력을 위한 ‘제1회

세계 산불대회’는 1989년 미국 Boston에서 개최된 바 있다.

그러나 최근 수년간 보도된 주요 세계적인 산불 중 최대규모는 1987년 중국 Helongjing 지역에서 약 1개월간 연소된 산불로 약 1백30만ha의 산림이 소실되었고, 동시에 소련 지역까지 합치면 약 5백만ha의 피해가 발생한 바 있다.

주요 피해 내용은 1백91명 사망 이외에도 5만6천동의 가옥 파괴, 3천8백만m²의 목재 손실이 보고된 바 있고, 산불 진화 동원 인력은 약 4만명이 참여한바 있다. 그 외에도 약 70만ha 산림 피해의 미국 Yellowstone 산불, 1993년 약 7만ha의 미국 L.A 지역 산불, 1994년 호주 Sydney 지역의 40만ha 산불이 보도되어 많은 재산 피해 및 사회적 관심사를 불러 일으킨 바 있다.

이 외에도 많은 열대림 지역에서 농경지 활용 목적으로 산불로 파괴되는 산림 면적은 지구의 생태계 변화 우려를 자아내게 한다.

우리 나라에서도 1986년 경북 선산, 1993년 전남 장흥 지역 산불로 각각 19명, 4명의 인명 피해가 발생한 바 있다.

1950~1980년의 30년간 산림

의 다용도 전환 및 피해로 인한 산림 면적 감소 59억1천9백만ha에서 15%가 감소한 50억7백만ha에 이르며, 최근 전 세계적 산불 연소에 의한 연간 피해 면적은 육지 면적의 2~5%에 달하고 있다.

낙뢰가 40~50% 차지하는 산불의 자연 발화는 산불 발생지인 북미 지역과 건조한 남부 유럽 지역의 산불 발생 현황은 <표1>과 같다.

가까운 일본에서도 최근 수년간 연간 평균 3천~4천건의 산불이 발생되고 있으며, 우리 나라에서도 매년 수백건의 산불 피해가 보고 되고 있다. 피해 규모는 산림 내 연소물의 증가로 건당 피해 면적이 증가하는 추세에 있다.

산불 연소에 의해 소진되는 총 건증량은 8천7백Tg(Tg=100만ton)에 이르며, 이로 인하여 생성되는 Carbon은 3천9백40Tg로 전세계 CO₂ 총 생산량의 약 26%에 해당한다.

연소된 생체량은 40%의 Carbon, 6.7% Hydrogen, 53.3%의 Oxygen을 함유하고 있고, 연소시 가스 형태로 분출되는 성분은 CO₂가 89%, CH₄가 8%, N₂O가 2%이며, 최근 대기 중 CO₂와 CH₄는 0.3%, N₂O는 1.0% 비율로

(표 1) 유럽 및 북미 지역의 연간 평균 산불 발생 현황 <1984~1988>

구분 \ 연도	1984	1985	1986	1987	1988	평균
발생건수(천)						
유럽	42	54	36	39	48	44
남부유럽	32	47	28	34	40	36
북미	191	147	145	158	164	161
피해면적(천ha)						
유럽	397	1,058	581	447	515	599
남부유럽	379	1,049	570	440	505	981
북미	1,995	2,882	2,241	3,102	3,635	2,771

증가하고 있다.

또한 전 세계적으로 방출되는 연기 입자는 약 85Tg에 달한다.

이와 같은 연소기작에 의해 생성된 CO₂가스는 지구의 온난화를 가속시키는 온실 가스 역할을 하게 되며, 화석 연료 사용과 열대림 파괴로 대기 중에 매년 34억 ton의 Carbon이 축적되고 있다.

그러면 이와 같은 전 세계적인 산불 발생 증가 추이에 대처하기 위하여 산림 화재의 특성 및 화재에 영향을 미치는 요인들을 알아보고자 한다.

산림 화재의 특성은 어떠한 상태의 산불 위험 인자를 정의하는데 필요한 인자를 살펴봄으로써 알 수 있다.

산불 위험은 연소물의 발화 가능성 정도, 연소시 진행 속도, 진화 작업의 용이 정도, 산불로 인한 영향 등을 종합한 판단 결과를 산불 위험도라 할 수 있다.

연소물의 발화는 우선 연소물, 산소, 그리고 발화점에 이르게 하는 온도 즉, 불의 원인이 합쳐서 발생하게 되며 열거한 세가지 요인 중 어느 한 요인을 제거하면 꺼지게 된다.

연소물은 연소물의 함유 습도,

종류, 배열 상태에 따라 연소 강도가 다르게 되며, 연소 강도는 다음과 같이 Byram(1959년)에 의해 정의되어 현재의 산불 연구에 활용되고 있다.

$$I = Hwr$$

I : 산불 강도 Btu/sec/ft

H : 열량 Btu/lb

w : 연소물 무게 lb/ft²

r : 진행 속도 ft/sec

여기에서 화염의 길이 h와의 관계를 구할 수 있다.

$$h = 0.45I^{0.46}$$

발화된 산불은 연소물의 습도 및 구성 상태와 경사도, 풍속에

따라 다르게 진행하게 되는데, 최초의 이론적 배경은 Rothermel(1972)이 발표한 다음과 같은 식으로, 미국에서 현재 산불 예측 전산 프로그램에 활용 중에 있다.

$$R = \frac{IRM(1 + \Phi W + \Phi S)}{\rho b \epsilon Q_{ig}}$$

R : 진행 속도 ft/min

IR : 반응 열량 Btu/ft/min

ξ : 진행 비율

ΦW : 풍속 효율

ΦS : 경사 요인

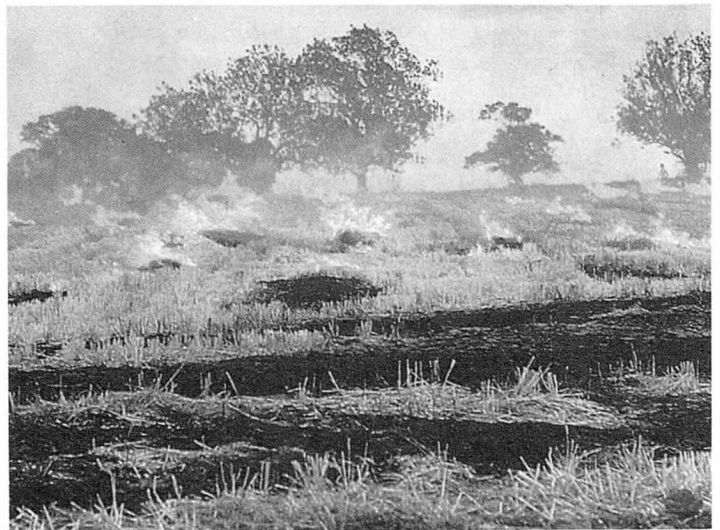
ρb : 건조 용적 밀도 lb/ft³

ε : 가열 가능량

Q_{ig} : 발화 도달 열량 Btu/lb

이와 같은 진행 예측식은 산불 연소 형태가 연소물의 종류에 따라 변하므로 산림의 구성 상태에 따라 약 10여 개 정도로 대별하여 사용하게 되며, 이때 연소물의 습도 상태는 산불 진행에 영향을 미친다.

또한 풍속과 경사는 상승적으로 산불 진행을 가속시키는 요인으로 작용하고 있다.



산불 발생시 계속적으로 연속된 연소물의 연소 상태는 자체에서 발생한 상승 기류나 강풍에 의해 비산화를 산불 진행 전면 수 km 까지 보내어 새로운 산불 발생을 야기시켜 피해 면적을 확산시킴과 동시에 중간 지점에서 진화선 작업을 하는 진화대원의 안전을 위협하게 된다.

따라서 바람이 강하게 불거나 연소물이 많고 산불이 수관화 되면 산불의 연소 상태를 잘 감시하여 연소 지역 이외에서 일어나는 비산화에 철저히 대비하여야 한다.

한국의 산림은 일반적으로 수고 약 10여m 정도의 나무가 산불 발생시 쉽게 수관화가 되어 능선까지 연소되거나 바람이 약할 때는 대부분 산능선 부위에서는 하향 진행이 서서히 이루어지므로 하향 8~9부 능선이 진화 작업에 적절한 장소로 조사된 바 있다.

중국 Helongjing 지역 산불이나 미국 Yellowstone 지역은 건조주의가 계속된 기상 상태에서 경사가 낮은 광활한 지역에 강풍의 영향으로 매일 평균 10~15km 진행한 바 있으며 이 경우는 연소 중인 산림 전역 지역의 인명, 재산을 지키는데 최선의 노력을 기울일 수 밖에 없다.

따라서 산불의 특성은 연소물의 종류, 연소물의 습도 함유량, 경사도 및 발생 당일의 풍속을 고려한 산불 진행을 예측하여 산불 발생지의 특성을 고려한 적절한 장비의 활용 및 진화계획을 수립하여야 한다.

산불 발생시 산불 진행을 저지하고 진화를 하기 위한 방안으로



사전에 방화선을 설치하거나 방화수립대를 조성하는 방법이 있으며, 소련에서는 인공 강우에 의한 진화 방법도 연구된 바 있다.

산불이 오랫동안 강렬한 연소를 하고 주풍에 의해 상승된 열기는 주위의 기상 상태와 관련하여 산불 진행 전면에 강우 현상을 보이는 경우도 있다.

일반적으로 경사가 완만한 지형의 성숙한 산림 지역에서 풍속이 낮아 지표화로 진행되는 산불은 임목에 큰 피해를 주지 않고 진행하게 된다. 이 경우에는 오히려 산림의 유기물 분해를 촉진시켜 임목의 생장을 촉진하기도 하고, 야생 동물이 즐겨하는 새싹을 나오게 하여, 서식 환경을 개선하게 되며, 지표면에 쌓인 연소물이 과대 축적되기 전에 소각되므로 미래의 대형 산림 화재를 예방하는 효과가 있다. 이와 같은 경우로 미국, 캐나다 지역에서는 계획된 산림내 미리 태워버리기(처방화입)를 실행하고 있다.

생태학적인 측면에서 볼 때 산불은 수백만년 전부터 자연의 생

태적인 순환 현상으로 해석하려는 주장도 있는데, 그 대표적인 증거로 미국의 Iodgepole 소나무의 종자 종피는 온도가 400°C 가까이 이르러야 발아되는 특성에서 알 수 있다.

이 외에도 많은 수종이 산불 발생과 관련하여 번성하기도 하고 사라지기도 한다.

그러나 과거 인구가 적은 시대에는 산림의 이용이 균형을 이루어 왔다고 볼 수 있으나, 인구 밀도가 급증하는 현대에는 산림 자원의 효율적인 관리가 환경 보전이라는 대명제하에 주요한 관심사가 되고 있다.

산불 연소 지역은 식생, 수질, 대기 오염, 토양, 야생 동물 및 곤충, 병해 등 다양한 환경 변화를 야기하게 되는데 산불의 피해는 연소시의 연소 강도, 빈도에 따라 차이를 나타내게 된다.

따라서 산불 피해지의 시급한 재조림 방법보다는 다양한 환경 기술적인 복구 대책이 수립되어야 한다. ●