



산불의 일반적 특징과 방지

구 길 본
산림청 산불방지과장

1. 머리말

최근 산림자원이 풍부해짐에 따라 그 환경이 개선되고 국민생활의 향상으로 산을 찾는 인구가 늘어나고 있는 반면, 산불 또한 다발·대형화되고 그 피해도 점점증하는 추세이다. '96년 4월 정부수립 이후 최대의 산불이었던 「고성 산불」과 「동두천 산불」이 발생하여 돌이킬 수 없는 귀중한 생명을 빼앗아 갔음 물론 엄청난 재산·산림자원 그리고 자연생태계의 피해를 가져온 지 4년 만인 지난해 또다시 고성·동해·강릉·삼척·울진 산불이 동해안지역을 따라 거의 동시다발적으로 발생하여 건국이래 최대의 산불피해를 입었다.

이번 동해안지역 산불은 봄철 건조기의 지속으로 임내 지피물이 매우 건조되어 산불발생위험도가 극도에 달한 상태에서 발생하였고, 특히 이 기간 중 영동지역에 폭풍주의보가 발효되는 등 강풍이 매우 심하게 불어 비산화에 의한 산불이 급속

히 번짐에 따라 순식간에 대형화함으로써 산불의 무서움과 산불방지의 필요성을 실감하는 계기가 되었다.

이에 본 고에서는 일반적인 산불의 특징과 우리나라 산불방지의 선진화에 대하여 기술코자 한다.

2. 산불의 일반적 특성

가. 산불(山火, Forest Fire)이란

산불은 산림 내의 낙엽, 낙지, 초류, 임목 등의 자연물질이 산소와 열과 화합하여 열, 빛, 탄산가스, 물 등을 발생시키는 산화반응의 현상이라 할 수 있다. 즉, 불에 탈 수 있는 물질이 산소와 화합하여 열과 광을 수반하는 화학변화의 현상이 진행되는 것을 말한다. 따라서 산불은 연료(Fuel), 공기(Oxygen), 열(Heat)이 있어야 발생하며 이를 산불의 3요소라고 한다.

산불의 3요소 중에서 연료는 불이 계속적으로 진행하도록 제공하여 주는 가연성 물질을 말한다. 열에는 2종류가 있는데 하나는 불을 발생하게 하는 열이며, 다른 하나는 일단 불이 발생하면 200~370℃까지 상승하여 계속적으로 강렬히 연소를 진행시키는 2차적 열이다.

공기 중에는 21%의 산소가 함유되어 있기 때문에 산소부족 현상은 생기지 않으며, 연소가 계속되려면 공급되는 연료의 온도를 발화온도 이상으로 높혀주어야 한다. 따라서 성냥과 같은 발화용구(發火用具)를 사용하여 물질의 일부분의 온도를 발화온도 이상으로 높혀주는 것으로부터 연소가 시작된다.

연소가 일단 시작되면 그곳에서 많은 연소열이 발생되어 이곳에 접해 있는 다른 부분의 온도가 발화온도 이상으로 높아진다. 따라서 연소는 계속 진행되어 점점 확대되는데, 산불 진행시 연소열이 전달되는 방법으로는 전도(傳導, Conduction), 대류(對流, Convection), 복사(輻射, Radiation)의 3가지 형태가 있다. 이 중에서 대류현상에 의한 상승기류(上昇氣流) 발생은 비화(飛火, spot fire)를 유발하여 수킬로미터에서 수십킬로미터까지 산불을 확대시키는 특징이 있다.

나. 산불에 영향을 주는 요인

산불이 발생하기 위해서는 가연물의 존재, 산소의 공급, 착화에 필요한 에너지가 있지만 그 중에서 착화에 필요한 에너지인 화원(火源)이 가장 직접적인 원인이 되며, 산불이 발생할 수 있는 간접적인 요인인 연료(임상, 연료의 종류, 연료의 량, 연료 크기, 연료 배열, 연료 밀도), 지형(경사도, 방위, 해발고, 지세), 기상인자(강우량, 바람, 온도, 습도)는 정도에 따라 연소물의 발화가능성, 연소

시 진행속도, 연소강도, 진화작업의 용이성 등을 결정하는 주요 요인이다.

산불 위험도에 영향을 주는 인자 중에서 경사도와 풍속은 상승적으로 산불의 연소진행을 가속화시키는 주요 요인으로 작용한다. 즉, 경사도별 산불 진행속도의 경우 험준경사지는 완경사지보다 8배 빠르고 보통경사지보다는 4배 빠르며, 급경사지보다는 2배 빠르다는 연구결과가 있고, 풍속 차에 의한 산불 진행속도의 경우는 강풍(8~11m/s)은 약풍(0~3m/s)보다 4배 이상의 빠른 연소 진행속도를 나타낸다.

예를 들어 '86년 강원도 홍천군 두촌면에서 실시한 산불연소 실험에서 급경사지(경사도 약 30~40°)의 경우 100m 연소 진행시 약10여 분이 소요되어 매우 빠르게 진행함을 확인한 바 있고, 이때 화염온도의 경우는 중심부 1,200℃, 주변연기 600℃, 불기둥 높이 20~30m로 나타나는 실험결과를 얻은 바 있다.

산불이 연소할 때는 산소량을 증가시켜 연소속도를 빠르게 하고 고온에 따른 회오리바람 등 난기류를 발생시켜 피해면적을 더욱 확대시키며 진화작업을 어렵게 하여 진화대원의 안전을 위협하기도 한다. 따라서 바람이 강하게 불거나 연소물이 많아 수관화가 발생되면 산불의 연소상태를 잘 감시하여 연소지역 이외에서 일어나는 비산화에 철저히 대비하여야 하며, 안전에 유의하여야 한다.

3. 산불의 종류

산불은 연소상태 및 연소부위에 따라서 지표화(surface fire), 수간화(stem fire), 수관화(crown fire), 지중화(ground fire) 등 4종류로 분류되며 그 특징은 다음과 같다.

가. 지표화

지표화(地表火)는 산불 중에서 가장 흔히 발생하는 화재로서 지표에 쌓여있는 낙엽, 낙지, 지피물 등이 불에 타는 화재를 말한다. 지표화의 경우 지표의 가연물이 많을 때에는 이 연료로 인하여 수간화, 수관화로 이어져 임목의 소실을 크게 한다.

지표화의 연소진행 속도는 보통 1시간에 4km 정도 되지만, 바람 부는 상황이면 연소속도는 1시간에 10km를 넘는 경우도 있다. 화염온도는 1,000℃ 전후까지 올라가지만 지속시간은 매우 짧운데, 보통 상태에서 500℃ 이상의 지속시간은 1~3분 정도이고 나무가 큰 경우에는 피해정도가 적게 나타나는 경향이 있다.

나. 수간화

수간화(樹幹火, stem fire)는 수간(樹幹) 즉, 나무줄기가 타는 불이며, 지표화로부터 연소하는 경우가 많고, 노령림의 고사목(枯死木) 또는 나무줄기의 공동부(空洞部)를 볼 수 있는 임령(林齡)에서 일어나기 쉽다.

수간의 속이 썩어서 공동부를 이루고 있는 경우에는 이것이 굴뚝과 같은 작용을 하여 강한 불길로 타올라 불꽃을 공중에 흩뿌려 비화(飛火, spot fire)를 발생시켜 지표화 또는 수관화를 일으키는 경우가 많다. 수간의 공동부에 낙뢰가 발생하여 산불이 발생하는 수도 있다.

큰 나무의 수간화는 낮에는 화염(火焰)을 내면서 연소하고 바람이 불면 화분(火粉)이 비산하여 산불을 확대시키나, 밤에는 무풍이거나 습기가 많으므로 화세가 약해지는 특징이 있다.

다. 수관화

수관화(樹冠火, crown fire)는 지표화로부터

발생하여 수관에서 수관으로 강한 화세(火勢)로 퍼져가는 것으로 임목은 그 열(熱)로 고사하게 되며, 흔히 수지(樹脂)가 많은 소나무, 삼나무 등의 침엽수 특히, 20~30년의 침엽수림에서 많이 발생하고 가끔 죽림이나 마른 잎이 수관에 남아 있는 낙엽활엽수림에서도 볼 수 있다.

수관화의 연소속도는 보통 1시간에 2~4km/h 진행하지만 강풍의 경우에는 1시간에 15km에 달할 때도 있다. 수관화의 특징 중에는 대류현상의 결과로 수십미터의 상승기류(上昇氣流)가 발생하여 수피, 구과, 소재편(小材片) 등이 수십미터 또는 수킬로미터 떨어진 곳까지 날아가 연소하는 비화(飛火, spot fire)를 발생시키는 경우도 있는데, 이러한 산불은 진화가 매우 곤란하고 피해도 매우 크게 나타나고 있다.

라. 지중화

지중화(地中火, ground fire)는 낙엽층 밑에 있는 유기물층, 또는 이탄(泥炭)층이 타는 산불로서, 산소의 공급이 막혀 연기도 적고 불꽃도 없이 연소하기 때문에 발견하기가 어렵고, 지중화에서 지표화로 이어질 수가 있다. 연소속도는 1시간에 4~5km로 서서히 연소하나, 연소시간이 오래 계속되어 수목 뿌리에 피해를 주어 고사(枯死)시키는 경우가 있다. 그리고 연소부위가 지중(地中)에 있기 때문에 진화가 쉽지 않고, 연소방향이 복잡하여 소화가 곤란(困難)하다.

낙엽층의 분해가 아주 더딘 고산지대, 깊은 이탄이 쌓여 있는 저습지대에서 표면은 습하고 속이 말라 있을 때 지중화가 발생하기 쉽다. 지표 가까이 물려 있는 연한 뿌리들이 뜨거운 열로 죽게 되므로 지상부는 아무렇지도 않은 채 나무가 죽게 된다. 지중화는 우리나라에서는 극히 드문 일이다.

4. 산불방지체계의 선진화

앞에서 설명한 바와 같이 우리나라는 기후, 지형 및 산림구조의 특성상 대형산불 발생 가능성이 매우 높으며 점차 증가하는 반면, 산지의 경사가 급해 진화는 매우 어려운 여건이다.

지난 동해안 산불을 통해 나타난 산불진화체계의 문제점은

첫째, 산불진화를 지휘·통제하는 조직과 인력의 대폭 감소로 인해 지휘·통제능력이 현저히 부족하였다는 점,

둘째, 산불진화 인력이 주로 일반 공무원과 농·산촌 주민에 의존하고 있어 초동진화에 한계를 보였다는 점,

셋째, 집중 투입할 헬기 및 진화장비의 절대부족과 강풍에도 운항가능한 헬기가 없었다는 점,

넷째, 진화지휘체계가 일사불란하게 이루어지지 못하고 기관간, 헬기와 지상간 공조체계가 미흡했다는 점을 들 수 있다.

이와 같은 반성을 바탕으로 정부는 산불방지체계를 선진국형으로 전환하기 위하여 획기적인 노력을 경주하고 있다.

가. 산불예방 및 감시활동의 선진화

우리나라 산불발생 원인의 대부분은 인위적인 실화이므로 국민의 선진적 의식을 고양하기 위한 범국민적인 산불홍보대책의 개발과 효과적인 산불 취약지 관리, 그리고 무인 산불감시시스템 도입과 경비행기 운용 등 산불감시체계의 선진화가 필요하다.

먼저 현재 우리나라에서 운영하고 있는 산불위험예보제는 낙엽층의 연료습도와 기상요인을 위주로 하여 위험률을 예보하는 체계로서 단기적인

산불의 위험경보를 내리는 정도에서 머무르고 있으나, 앞으로는 보다 효율적인 진화를 위한 기상인자와 지형 및 연료종류에 따른 산불확산 예측프로그램의 개발과 장기적인 예측이 가능하도록 산불GIS(지리정보시스템)를 구축해 나가고 있다.

또 주로 지역적으로 이루어져 왔던 산불예방홍보를 전 국민을 대상으로 하는 광범위한 홍보전략과 다양한 문화수단 및 매체를 개발해 나가고, 산불로부터 산림을 보호하는 데 민간부문과 협동하여 운동해 나가는 방안을 강구하는 한편, 장기적인 안목을 가지고 어렸을 때부터 산림과 산불에 대한 교육위주의 예방정책을 발전시켜 나가고자 한다.

그리고 현재 인력감시체계 위주로 운영되고 있는 산불감시에서 전국의 산림을 감시할 수 있도록 무인감시카메라의 확대 설치로 우선 지상감시를 자동화하는 한편, 경비행기를 추가로 확보하여 공중감시체제도 확립해 나갈 것이다.

나. 산불진화 지휘체계의 개선

산불진화에서 가장 중요한 것은 산불현장과 진화본부간의 연락체계 유지이며, 산불현장에서의 통신 유지는 효율적인 진화작업과 진화대원의 안전확보에 매우 중요하다.

산불은 연소가 진행되고 있는 동안 연료종류, 지형인자, 기상요인에 따라 상황이 수시로 변화하면서 매우 빠르게 진행하기 때문에 조기진화가 어려운 경우가 많다. 따라서 매순간의 상황을 각 진화팀이 상호 교환할 수 있도록 통신과 지휘가 체계적이어야 하며 유관기관과의 공조체계가 반드시 확립되어 있어야 한다.

지금까지 국유림은 국유림대로 사유림은 사유림대로 또 유관기관은 유관기관대로 별도의 지휘체계를 유지함으로써 대형산불에 효과적이지 못

했던 점을 개선하여 각 기관이 관할구역의 산불을 1차적으로 책임지되, 산불이 점점 번져 대형화할 경우 시장·군수, 시·도지사가 관내 국유림조직과 유관기관의 진화자원을 총동원할 수 있도록 진화지휘의 통합화와 일원화체계를 구축해 나가고 있다. 또 지상과 공중진화자원과의 원활한 공조체제를 확립하기 위해 그 지휘권도 통합해 나가고 있다.

다. 진화장비의 확충

현재 우리나라 산불의 주된 진화수단은 헬기이며, 인력진화는 헬기진화에 따른 보조의 역할을 하고 있다. 그런 면에서 진화장비에 있어서는 상당히 선진화되어 있다고 말할 수 있다.

현재 산림청이 보유한 진화헬기는 2000년 3월 현재 총34대이고, 군·경·소방 등 산불진화에 가용한 타 기관 헬기 약 127대를 포함하면 총 160여 대를 동원할 수 있다. 미국의 산림면적이 우리의 50배 가까이 되나 동원가능한 진화용헬기는 400여 대이므로 산림면적당 헬기도 우리나라가 더 많다.

그럼에도 불구하고 우리나라 산불은 봄과 가을, 특히 봄철에 연간산불의 약 80%가 집중발생하고 있고, 영동지역에 대형화 우려가 매우 높은 구조이므로 우리가 가진 헬기는 아직 부족하다고 판단되었다. 아울러 헬기가 뜨지 못하는 강풍에 속수무책으로 당했던 지난 동해안 산불을 계기로 현재 보유하고 있는 헬기보다 더 큰 기종의 헬기를 확보해야 하겠다는 공감대가 형성됨에 따라 초대형 헬기와 대형헬기를 더 확충해 나가고 있다.

또 이같이 늘어나는 헬기의 효과적 운영이 가능하도록 지방격납고와 운영인프라도 대폭 확충해 나가고 있으며, 효율적 운영시스템인 GPS(Global Position System)장비를 금년부터 설

치 운영해 나가려고 한다.

라. 산불전문진화대 조직운영의 체계화

공중진화를 보조하는 지상진화는 주로 사람이 하는 것이나, 현재 우리나라는 행정조직에 의존하고 있기 때문에 일부 장점도 있지만 선진화하지 못한 문제점도 있다. 따라서 미국과 캐나다의 전문진화대와 같은 전문적인 진화조직을 양성·운영하는 것이 앞으로 발전해 나가야 할 방향이다. 그래서 금년부터 급료를 주는 유급전문진화대 139개 팀을 우선 창설하고 이를 기초로 전문적인 진화인력을 양성해 나가고자 한다.

그러나 우리나라는 산불발생 여건이나 인구분포상 미국과 캐나다와 다른 측면이 있기 때문에 이에 전적으로 의존할 수는 없을 것으로 보이며, 기존 행정력과의 임무 분담을 통해 가장 효율적인 지상 진화체계를 구축해 나가야 할 것이다.

마. 교육훈련의 강화

전문진화대는 무엇보다도 정예화된 요원을 필요로 한다. 지급된 장비를 원활히 사용할 줄 알아야 하고 산불의 기초이론을 바탕으로 한 체계적인 실습교육훈련으로 현장 적용성을 극대화할 수 있어야 한다. 또한, 이론중심 교육에서 탈피하여 현장에서 매뉴얼로 사용할 수 있을 정도로 실습위주의 교육훈련을 실시하여야 하며, 진화대원이 해야 할 작업의 방법, 장비 등을 일목요연하게 담고 있는 핸드북도 갖추어야 한다.

캐나다의 경우에는 진화대원에 대한 각종 교육이 전문화되어 실시되며, 이론교육은 주로 산불과 진화의 기초원리, 산불과 기상정도에 따른 연소특성교육에 그치고 있고, 나머지는 현장에서 필요한 안전대피요령, 진화장비 사용법, 안전장비 착용요령, 진화전술, 주요임무 숙달 등을 실습위주로 실

시하고 있다.

우리도 산림청 임업연수부를 중심으로 산불진화전문훈련을 하고 있으며, 우리나라 여건에 맞는 산불진화SOP를 발전시켜 나가고 있다.

바. 산불연구의 강화

미국이나 캐나다의 경우는 산불관련 연구 전문가가 30명 내외에 이르고 있어 보다 과학적이고 체계적인 산불연구를 실시하고 있다. 그러나 우리나라의 경우는 산불을 전문적으로 연구하는 인력이 적고 예산, 제반여건이 열악하여 산불연구를 전문으로 하기가 매우 어려운 실정이다. 따라서 보다 체계적이고 선진화된 산불연구를 하기 위해서는 전문인력의 확보와 실질적인 연구체제를 갖추는 것이 필요하다.

그렇게 함으로써 이들로 하여금 보다 빨리 한국형 산불방지체제를 구축할 수 있는 기초연구를 수행시켜야 한다. 즉, 산불을 집중적으로 통제관리할 수 있는 산불 예방 및 진화체계 네트워크시스템 구축기법 개발, 실시간 산불위험을 산정 및 예보기법 연구, 유형별 산불 연소확산 및 진화모델 등을 개발하여 종합적인 우리나라 산불위험예보시스템(KFFDRS)을 구축하는 것이 시급하다.

이에 최근 산림청은 단 1명뿐이었던 산불연구실 인력을 4명으로 확충한 바 있다.

사. 일선 산불관리 인력·조직의 확충

무엇보다 효과적 산불관리 및 통제를 위해서는 일선기관의 산불통제역량이 강화되어야 하나, 지난 '99년과 2000년에 이루어졌던 정부조직 구조조정에서 타 분야보다 더 큰 폭으로 산불관련 조직과 인력이 감축되었다. 특히 산불이 집중되는 봄철은 조림, 양묘, 숲가꾸기 등 각종 산림사업이 집중되는 시기여서 일선 산림조직의 급격한 감축

은 산불관리에 큰 타격을 주었다고 판단된다.

따라서 산림청에서는 행정자치부 등 관계부처와 협의하여 어느 정도 산불관리 역량을 유지할 수 있도록 폐지된 지방자치단체의 산림과를 복원하고 국유림관리소의 인력을 보강하도록 노력하고 있다. 또 장기적으로 산불관리의 상시체제를 구축하기 위해 캐나다의 산불관리체제와 같이 산불관리센타를 설립하는 방안을 검토하고 있다.

5. 맺는 말

산불방지를 위해서는 정부의 여러 가지 노력도 중요하지만 입산자들의 인식전환과 국민들의 협조가 무엇보다 중요하다. 원인 측면에서 보면 산불방지는 어려운 것이 아니다. 성냥 한 개비, 쓰레기 한 조각, 논밭두렁 몇 평을 태우는 것을 자제하면 되는 것이다.

지금은 세계의 산림이 연간 약12백만ha씩 사라지고, 사막이 연간 약6백만ha씩 늘어나고 있는 환경재난시대이다. 산불방지는 목재의 손실을 막는 경제적 가치를 넘어 인류의 호흡을 마지막으로 담보하는 생명보존의 가치를 지니고 있다. 정부도 국민도 이 점을 명심해야 한다. ☹

