

# 산불화재 시뮬레이션분석에 의한 화재진압능력 개선방안

이정일\* · 조성배\*\*

\*소방청 중앙119구조본부 · \*\*행정안전부 국가민방위재난안전교육원

## Methods to Improve Fire Suppression Capability by Forest Fire Simulation Analysis

Jeong-Il Lee\* · Sung-bae Cho\*\*

\*Prof, Director, Nation Fire Agency 119. fire department. Central 119 Rescue Headquarters

\*\*Director, National Civil Defense Disaster and Safety Education Center. the Ministry of The Interior and safety

### Abstract

Forest fires in Korea usually start in the fall and occur every year until spring. Most wildfires are human resources that combine topographical characteristics and carelessness, and failure to respond in the initial stage and lack of cleanup are spreading to large-scale wildfires. In order to prevent these wildfires, active cooperation from the public is essential. As can be seen from recent wildfires, the attention of the public is needed above all else because large-scale wildfires in Korea are occurring due to the people's negligence. If a wildfire spreads and becomes large, it causes damage to life and property, and the damage is irreversible. In this study, various methods were used to prevent forest fires and improve initial suppression ability. In order to minimize damage, the model analyzed by the 119 Special Rescue Team in Gangwon, Chungcheong and nearby forest fires was analyzed on the combustion progress and wind direction by time period. The propagation speed by the wind direction was simulated. Until now, most of the wildfires have been extinguished by firefighting, but I hope that the Forest Service will take the lead and maintain coordination with related organizations.

**Keywords :** Wildfire, Carelessness, Early response, Human resources, Damage to human life and property, Cooperation with related organizations

### 1. 서론

우리나라는 연중 고온현상과 낮은 강수량, 건조일수 증가로 인한 산불발생 취약성을 보이고 있으며 산림화재의 80% 이상이 인위적인 요인으로 발생하고 있다는 통계가 있다. 매년 11월부터 다음 해 5월까지 산불특별경계기간이며 소방뿐만 아니라 모든 행정기관들이 긴장하는 기간이기도 하다. 과거 10년 동안 통계를 보면 11월부터 산불 위험성이 높아지고 있는데 이는 대기가 극도로 건조해지기 때문이며 가장 위험한 시기는 봄(3~4월)이고 5월부터 산불이 줄기 시작해 우기로 접어든 한여름(6~8월)에는

산불 발생이 거의 없는 시기이다. 지금까지 행정기관의 산불대책에 대한 많은 문제점이 있었는데 산불발생의 원인과 책임소재, 산불예방, 산불진화, 지휘체계, 피해지역 지원, 산불피해지역 복구, 산림화재대비태세, 지원체계 등을 본 연구자는 이러한 문제점을 해결하고자 한다. 우리나라에서 가장 취약한 강원도 지역을 중심으로 연구하고자 한다. 본 연구자는 소방분야에서 30년 이상 근무하면서 산불에 대한 관심이 많아 꾸준히 연구를 해온 결과 산불은 미리 예방하는 것이 가장 중요하다는 것이다. 우리나라 산림 실정에 맞는 정책수립 시행 및 산불예방 홍보활동을 전개하고 산불진압 태세 확립과 의용소방대원등 자원봉사

†Corresponding Author : Jeong-Il Lee, fire department. Hyundai Apt. 105-602, 50 Salgoti-gil, Seongdong-gu, Seoul, 04753, E-mail: gydhhh@korea.kr

Received November 17, 2022; Revision December 18, 2022; Accepted December 19, 2022

인력 적극 활용, 산불진압 지원 내용·활동절차 숙지 및 유관기관 공조를 강화하여야 한다.

산불은 점점 더 대형화되고 발생원인도 다양해져 산불 예방과 진화에 어려움을 겪고 있다. 산불 발생은 엄청난 경제적 피해뿐만 아니라 산사태, 홍수 등 자연적 재난 손실로 이어져 이에 대한 체계적이고 과학적인 산불방지와 진압통합시스템 구축 마련이 시급한 실정이다. 이에 산불 행정의 현주소와 산불발생에 대한 대응책 마련과 효과적인 진화체계구축을 위한 산불 대책 마련과 대응시스템 개선 등 향후 산불 행정과 지원 업무에 참고 가능한 다양한 의견 및 주요사항을 정리하였다. 대형산불에서 경험한바와 같이 산불은 산림에 국한 되어 발생하지 않고 인접한 건물, 도심으로 복잡 다양한 형태로 화세가 확산되는 특징과 강한 바람의 영향으로 빠른 속도로 산불이 번져 나간다는 것 또한 공통적인 특징이다.

## 2. 이론적 배경

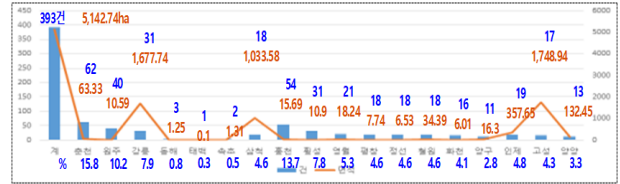
우리나라는 전 국토의 65%가 임야이며, 이 중 97%가 임목지이다. 또한 43%가 산불이 대형화 될 수 있는 침엽수림으로 구성되어 있다. 침엽수림은 활엽수림에 비해 산불기간 동안 수관층에 잎이 존재하고, 연소성이 높은 정유물질을 함유하고 있다. 연소 특성상 활엽수림보다 연소열량이 높고, 열에 대한 저항성이 낮은 침엽수림으로 구성되어 있어 산불에 취약할 뿐만 아니라 피해도 크다.

또한 대부분의 임목지가 산악형 산지에 위치하고 있기 때문에 산 하단부에서 발생한 산불이 급한 경사로 인한 화세속도가 정상으로 매우 빠르게 확산되고 연소 진행속도가 평지보다 확산 속도가 빠르며 높은 연소온도와 불규칙한 지형으로 난기류가 발생한다.

연소지역 중심의 화염온도는 소나무 임지의 경우 최고 1,175℃까지 올라가며 높은 연소열에 의하여 치수나 유령 임분은 화열로 인해 치명적인 피해를 입고 고사하는 경우가 많다. 그리고 토양에 대해서도 여러 가지 영향을 끼치는데 산림의 지표면에 산불이 발생한 임지에서는 지표유출이 증가되고 투수성이 감소되므로 이로 인하여 지중 저수능력이 감퇴되고 홍수를 일으키는 원인이 되기도 한다.

### 2.1 산불발생 현황 및 전망

최근 5년간 산불발생 현황(16~20년)으로 393건, 5,142ha (연평균 79건, 1,028ha)소실되었다. [Figure 1]은 '16년(91건), '17년(103건), '18년(47건), '19년(78건), '20년(74건)을 나타내고 있다.



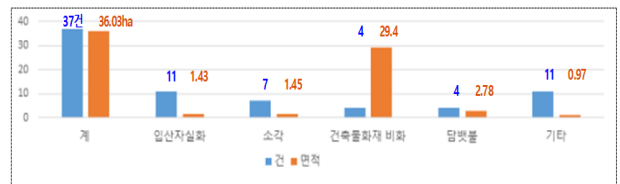
[Figure 1] Current status of forest fires in the last 5 years (16-20 years)

월별세부 현황(393건/5,142ha, 가을철 37건/36ha, 9%)으로 [Figure 2]는 1월(10%), 2월(9%), 3월(18%), 4월(21%), 5월(17%), 6월(8%), 7월(2%), 8월(3%), 9월(1%), 10월(2%), 11월(4%), 12월(5%)을 나타내고 있다.



[Figure 2] Monthly detailed status

가을철(11~12월) 원인별 세부현황 [Figure 3] 의입산자실화 11(30%), 소각 7건(19%), 건축물화재비화 4건(11%), 담뱃불 4건(11%), 기타 11건(29%)을 나타내고 있다. 기후변화(건조·강풍)로 산불 연중화, 휴양·귀농인구 증가에 따른 입산자실화와 소각산불이 주요 원인으로 시기·원인별 산불예방활동 강화 필요하다.



[Figure 3] Fall season (November to December) Detailed status by cause

최근 21년 산불발생 월별 현황(45건/84.44ha, 최다 발생 4월)으로 [Figure 4]는 1월 5건(11%), 2월 10건(22%), 3월 5건(11%), 4월 11건(25%), 5월 9건(20%), 6월 3건(7%), 7월 1건(2%), 8월 1건(2%)으로 나타났다.



[Figure 4] Monthly status of forest fires in the last 21 years

[Figure 5]는 원인별 현황으로 입산자실화 15건(33%), 소각 4건(9%), 기상(낙뢰) 4건(9%), 어린이불장난 2건(5%), 건축물화재비화 1건(2%), 군사훈련 1건(2%), 기타 15건(33%)으로 나타났다. 입산자실화, 쓰레기소각 등 주요원인으로 원인별 산불예방대책 필요하며, 산불 다발 시군은 원인 및 산불발생 취약 인원·장소에 대한 산불예방활동 강화하여야 한다.



[Figure 5] Status by cause

[Figure 6]은 가을철 기상전망으로 기온은 평년과 비슷하거나 낮음, 강수량은 평년보다 비슷하거나 적다. 11월은 기온 큰 폭 하락, 기온은 평년보다 낮겠으며, 강수량은 평년보다 적다. 12월은 기온은 평년과 비슷하거나 낮겠으며, 강수량은 평년과 비슷하거나 적다.

Division	Young Seo		Young Dong	
	November	December	November	December
average temperature	50% Than a normal year (4.0~5.2 Celsius) 50% less chance	40% 40% Normal (-3.3 ~ -1.9C) and 4% each with a similar or lesser chance	50% 30% Than a normal year (7.0~8.0 degrees Celsius) 50% less chance	40% 40% Normal (0.71.9C) and 4% each with a similar or lesser chance
precipitation	50% 30% Than normal (30.2~54.0mm) 50% less chance	40% 40% Normal (51.7~22mm) and 4% each with a similar or lesser chance	50% 30% than the average year (31.5~77.8mm) 50% less chance	40% 40% 4% each with a probability that is similar to or lower than the normal year (89.2~33mm)
legend	평균기온: 낮음, 비슷, 높음    강수량: 적음, 비슷, 많음			

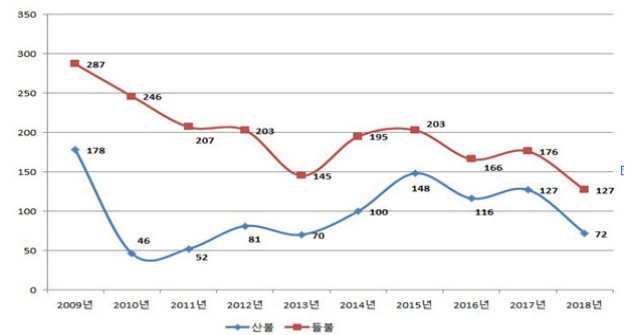
[Figure 6] Korea's autumn weather forecast

## 2.2 임야화재 발생 추이

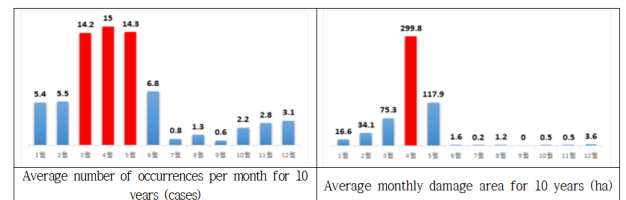
[Figure 7]은 임야화재 발생 현황 (2009~2018년)은 최근 10년간(2009~2018년) 임야화재는 2,945건으로 이중 산불이 990건, 들불 1,955건이 발생하여 한해 평균 산불 99건, 들불 195건을 기록하였다. 임야화재는 2009년에 산불화재 178건, 들불화재 287건으로 가장 많이 발생하였으며, 산불은 다음해 2010년에 46건으로 가장 적게 발생하였고, 들불은 2018년에 72건으로 적게 발생한 것으로 기록되었다. 그리고 산불과 들불의 발생건수는 비슷한 패턴으로 증감되는 양상을 보였고, 2009년 이후 다소 감소되었으나, 2014~2015년에는 소폭 상승되는 모양을 보이다 2016년을 기점으로 감소 추세로 전환되었다.

[Figure 8]은 최근 10년간 산림화재 현황(2012~2016년 369건, 334ha에서 2017~2021년 351건, 5,179ha)

으로 산림화재 발생 건수는 감소 추세이나 피해면적 증가하고 있어 소방당국에서는 산림화재 발생이 많은 봄·가을철 산불조심기간 운영 및 주요시기별로 산불방지 특별대책기간 운영하고 있으며 2017부터 2020년 영동지역 대형산불 발생('17년 3건(1,177ha), '18년 3건(594ha), '19년 3건(2,625ha), '20년 1건(123ha))은 강풍(양간지풍)에 의해 대형 산불로 확산되었다. 산림화재 주요 발생 시기는 봄철이 가장 취약하며 발생 원인은 입산자 실화((최근10년) 44% ⇒ ('19년) 28% → ('20년) 41% → ('21년) 31%)가 주요원인으로 나타났다. 최근 10년 동안 720건(평균 72건) 발생, 산림 5,513ha(평균 551ha) 피해가 발생했으며, 봄철(2~5월)의 발생 건수는 49건(68%)이며, 면적은 527ha(96%) 차지하였다.



[Figure 7] Forest Fires (2009~2018)



[Figure 8] Forest Fires in the Last 10 Years

## 2.3 선행연구

과거의 산불화재 논문은 소방중심과 지자체에 대한 행동요령, 산불화재에 대한 사례위주였다면 본 연구자는 산림청, 소방청, 지자체, 매뉴얼, 강원도에서 발행한 백서, 외국 산불화재 사례, 각 부처 정책 등을 선행연구 하여 다음과 같은 연구의 차별성을 추가하였다. 첫째, 기후변화와 산림자원량 증가 등 대형 산림화재 위험성이 증가하는 원인으로 봄철 평균기온은 평년 보다 높고 따뜻한 공기의 영향이 크고 강수량은 평년(209~260mm)과 비슷하거나 적고 고기압의 영향으로 건조한 날씨의 영향이 크며 3~4월은 강풍의 영향으로 대형 산림화재 위험 상존하고 있기 때문이다. 최근 20년간 100ha 대형 산불이 발생했는데

총25건 중 동해안지역 22건(88%), 영서지역 3건(12%) 동해안의 강한 계절풍(양간지풍)과 소나무 단순림으로 대형 산림화재 발생 가능성 크다고 본다. 둘째, 사회 여건 등으로 인한 국민 관심 다변화로 산림화재 관심이 분산되었다. 실화성 산불 위험 증가하고 있기 때문에 강원 동해안 산림화재 및 미국·호주 등 대형산불로 인명과 재산피

해 방지를 위한 체계적이고 과학적인 산불방지 정책의 중요성이 부각되고 있으며 농산촌 인구 감소, 초고령화 사회 진입에 따른 인력중심의 산불대응에 한계가 있다. 셋째, 산불 발생 주요 원인별 근본적인 안전대책이 강화될 필요성이 있다. 산행인구, 버섯·약초 채취자, 쓰레기 소각 등 산림화재 발생 증가가 예상되며 소각산불은 감소 추세이

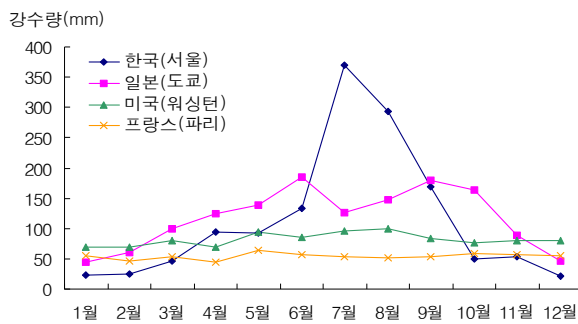
<Table 1> Role of each stage of dispatch

division	Role of each stage of dispatch	
	preparation and request	dispatch and response
Forest Service Situation Room	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Maintain the status of emergency helicopters by organization and emergency contact network</li> <li>○ Publicity activities for forest fire prevention</li> <li>○ Forest fire risk analysis</li> <li>○ Receive reports of forest fires                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Name of reporting organization, name and contact information of the reporter, location and time of the wildfire, weather and forest conditions, topography and freshwater conditions</li> <li>- Size and progress of the fire, on-site access and presence of major facilities, sunset time, etc.</li> <li>- Forest Fire Situation Room, Korea Forest Service</li> </ul> </li> <li>○ Helicopter dispatch flight instruction and support request                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determination of the number of firefighting helicopters dispatched</li> <li>- Flight instruction to Forest Aviation Headquarters</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Monitoring and maintaining the situation of forest fires                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sharing information with the forest fire site countermeasure headquarters and maintaining the forest fire site activity status</li> </ul> </li> <li>○ Judgment on reinforcement of additional forces for forest fire helicopters</li> <li>○ Order to withdraw forces after the fire is extinguished</li> <li>○ Designated as a standby helicopter for back light monitoring                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organize behind-the-scenes monitoring team and monitor on-site deployment</li> <li>- Investigate the cause of forest fires, monitor the arrest of arsonists</li> </ul> </li> </ul>
Forest Air headquarters	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Forest fire map and monitoring flight</li> <li>○ Receive flight instructions (Forest Aviation Headquarters)</li> <li>○ Helicopter dispatch instruction for each agency in each flight area</li> <li>○ Prepare for dispatch No. 1 dispatch                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Submission of flight plan, preparation of mission equipment (PDA, video camera, etc.), understanding of weather conditions, etc.</li> </ul> </li> <li>○ Prepare for the dispatch of the public firefighting team and the aerial firefighting team</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Forest helicopter dispatch</li> <li>○ Perform command and control unit duties in the forest fire area                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Report on firefighting status</li> <li>- Opinion on whether to reinforce helicopters and report to the situation room</li> <li>- Request to install a regional aerial firefighting team (when operating 6 or more helicopters)</li> <li>- Confirmation of on-site freshwater reservoir and refueling (judgment of refueling)</li> </ul> </li> <li>○ Prepare for night forest fires                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Night mooring, night maintenance support, cabin crew, etc.</li> </ul> </li> <li>○ Remaining fire extinguishing and aerial patrol</li> </ul>
Supporting organization	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Provision of meteorological information related to forest fires (Meteorological Administration)</li> <li>○ Dissemination and cooperation with related organizations                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Check 'Today's Comprehensive Disaster Situation', 'Breaking Disaster News', etc.</li> <li>- In the event of a forest fire in the vicinity of cultural assets, traditional temples, historic sites, marine national parks, etc., contact with the Cultural Heritage Administration safety standards</li> <li>- In case of wildfire in the national park area, contact the National Park Service.</li> <li>- In the event of a forest fire near the transmission line, contact the transmission team of the KEPCO Transmission Office</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Support for the deployment of additional forces by helicopter</li> <li>○ Local firefighters support the initial firefighting</li> <li>○ Public order, evacuation order issued (police)</li> <li>○ Helicopter transport and rappel support for firefighters (Police)</li> <li>○ Lifesaving in isolated areas (fire/police)</li> <li>○ Support for the arrest of arsonists (police)</li> <li>○ Military airfield refueling support</li> <li>* When the helicopter of the supporting organization arrives in advance, the on-site situation is notified to the host organization and the mission is performed under the control of the host organization.</li> </ul>

나, 수거·처리에 열악한 농촌 여건 상 위험성 상존하고 있으며 산림주변 펜션단지 증가로 건축물 화재로 인한 산림화재 잠재력이 높고 숲이 울창해짐에 따라 임목, 산림내 지피물 등 연료 지속적 증가하는 추세이므로 <Table 1>은 산불화재는 산림청상황실을 중심으로 산림항공본부 및 지원기관이 최초신고부터 적극적인 관리가 필요하다.

### 3. 산불화재 시뮬레이션 분석

우리나라는 봄·가을철은 매우 건조하며, 계절풍의 영향으로 산불이 동시다발적으로 발생하고 대형화되는 경향이 있으며 우리나라 대부분의 임야는 경사가 급하고 기복이 심해 화재시 진행속도가 매우 빠르기(평지의 8배)때문에 산불발생 시 진화 곤란하다.



[Figure 9] Average precipitation by country

산림이 울창해짐에 따라 낙엽이 많이 쌓여있고 불에 잘 타는 침엽수와 30년생이하 나무가 대부분으로 가지에

쉽게 옮겨 붙는 특성을 가지고 있으며 산불발생시 초기에 대응할 수 있는 인력·장비가 부족하여 초동진화에 어려움이 있다. 산불예방·진화를 전담하고 있는 산림청(산불통제관) 및 시·군·구 산림부서가 정부조직개편으로 인해 대폭 축소(시·군·구 산림부서 : ('98) 176 → (2000) 86개과 (△51%), 인력 : ('98)3,338 → (2000)2,713명 (△18%)되었다. 산불규모별 책임자의 명령에 의해 일사불란하게 지휘가 이루어져야하나 법적체계가 정립되어 있지 않으며 유관기관 간 협조 및 헬기와 지상간의 공조체계가 미흡한 실정이다.

대형 산불을 초동진화하기 위해 헬기 등 공중진화장비의 조기 확충을 하고 헬기의 현장배치를 위한 지역별 격납고를 증설, 임시계류시설을 도별로 취약한 곳으로 분산 설치, 진화 지원이 가능한 군헬기에 밤비바켓 구입·배부, 물진화 방식외에 소화약품을 사용하여 진화하는 방안도 강구하여야 한다.

지상진화·안전 장비의 확충 및 표준화로 산불진화차, 수송차량, 동력펌프, 기계톱 등 지원 확대, 방화복, 안전화, 안전모, 마스크 등은 규격화된 안전장비 대폭 보급하여야 한다.

지상진화·안전 장비의 확충 및 표준화로 산불진화차, 수송차량, 동력펌프, 기계톱 등 지원 확대, 방화복, 안전화, 안전모, 마스크 등은 규격화된 안전장비 대폭 보급하여야 한다.

더 나아가 전문 진화인력의 확충 및 기동력 확보방안으로 지상에서 접근이 어려운 산세가 험한 지역의 초기 산불진화를 위한 공중투하 전문 진화대 증원 및 진화훈련 강화, 산불조심기간 중에는 시·군배치 공익근무요원 전원을 지상 진화대원으로 편성, 진화기술 교육훈련 강화하여

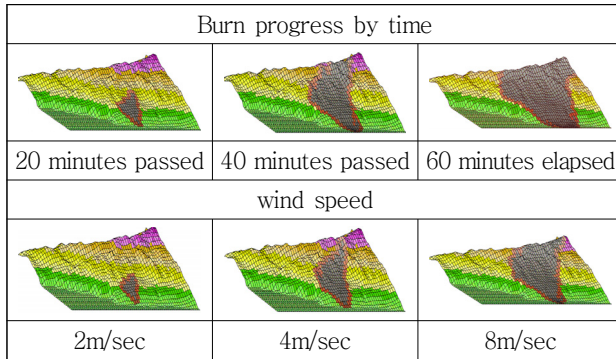
<Table 2> Response to forest fires in military areas

division	Request and dispatch procedure
in DMZ forest fires Evolution	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Request for mission (DMZ forest fire unit → Korea Forest Service)</li> <li>○ Approval procedure for the deployment of fire fighting helicopters in DMZ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Report on the deployment of forest fire-fighting helicopters: Joint Chiefs of Staff</li> <li>- Request for approval from the UNC Military Government</li> </ul> </li> <li>• Joint Chiefs of Staff → Ministry of National Defense (North Korea Policy Division) → UNC Military Administration Committee</li> <li>- The North Korean military government commission (Panmunjom representative) notified, and the North responded (approved), and then the helicopter was put in.</li> </ul>
Northwest Island duty evacuation	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Situation Report (Northwest Island Unit/Institution): Joint Chiefs of Staff</li> <li>○ Procedures for performing mandatory air evacuation missions                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Request for medical evacuation of patient-generating units/institutions</li> <li>※ Priority for input in the Northwest Islands Jungang 119, Incheon Fire and Coast Guard, in that order</li> <li>- Request for flight authorization for medical evacuation agency, authorization: MCRC</li> </ul> </li> <li>○ When a mass evacuation is required under the control of the Ministry of National Defense (JCS) Priority in military force</li> </ul>



야 한다.

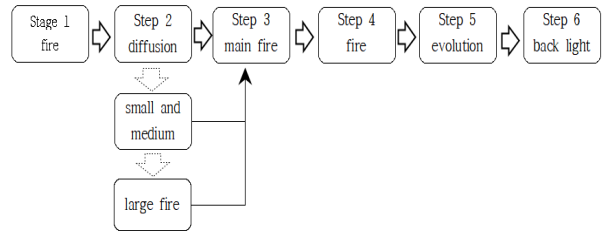
또한 선진국형 시스템을 활용한 산불방지 Network 구축도 필요가 있다. 아래 [Figure 10]은 충청 강원 119특수구조대에 서 인근산 산불피해지를 대상으로 분석한 모델로 실험 조건(남서풍 5m/sec, 31년생이하 혼효림), 발화 및 진화시간, 피해면적(73ha), 모델 크기로 설정된 시간대별 연소진행과 풍향에 의한 진행방향 풍향에 의한 진행속도를 시뮬레이션하였다.



[Figure 10] Forest fire spread model

지상식 소화전을 부분적으로 설치하여 방화선(線)을 확보하여 기반시설 확충이 필요하다. 산불진화 장비 및 인력수송을 위한 임도(林道) 확장('99까지) 15 → (2010) 34 → (2030) 63천km, 임도밀도(m/ha)는 확국이 가장 낮

음)도 적극적으로 고려하여야 한다. 뒷불정리 및 환경 친화적인 복구 추진도 적극 고려하여야 한다. 산불은 [Figure 11]과 <Table 3>은 산림화재 진행 단계별 조치 사항과 같은 단계별로 진행되기 때문에 단계별 조치가 유관기관과 협력하여 잘 이루어져야 한다.



[Figure 11] Flowchart of forest fire extinguishing step by step

#### 4. 산림화재 시뮬레이션 분석에 의한 개선방안

산림화재 예방 및 홍보 강화를 강화하여야 한다. 첫째, 산림화재 발생 우려지역 예방(기상특보(건조·강풍) 발령 시 예방 순찰(화재구조구급 귀소 중, 운전 연습, 행정 업무 출장 시, 기동순찰 등 활용 강화)순찰 및 조치 강화, 화재 예방상 위험 행위자 및 관계인에 적극 명령, 화재 예방상 위험하다고 인정되는 행위의 금지 또는 제한(소방기

<Table 3> Actions for each stage of forest fire

step by step		Action Description	
		City/province fire department	fire department
mountain fire foot raw	situation Receipt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 119 Reception</li> <li>- Immediately dispatch to the scene after understanding the situation</li> <li>- Prepare the shortest route and forest topographic map</li> <li>- Information on facilities such as cultural assets and private houses</li> <li>• Dissemination of the situation to the host/relevant organization and reporting</li> <li>- City/Gun/Gu (Korea Forest Service), police, military bases, etc.</li> </ul>	• Wild fire situation management
	forest fires Confirm (During dispatch)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Check the access road after understanding the situation of the forest fire</li> <li>• Suppression operation by checking the site topography</li> <li>• Request for support such as helicopters after judging the situation</li> </ul>	• Identification of forest fire information and status report
candle energy big yes	site arrival	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The mobilization unit is a department where the exit is easy depending on the situation (be sure to secure the exit route, etc.)</li> <li>- Park in the direction of movement in case of emergency</li> <li>• Priority check for possible damage to private houses, etc.</li> <li>• Report on the scale and progress of wildfires</li> <li>• Identification of the expected progress of the forest fire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manage the progress of forest fires (report)</li> <li>- Review of nearby city/province helicopters and firefighting power support in case of a large-scale forest fire</li> </ul>
	site activity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priority on lifesaving and search activities</li> <li>- Lifesaving and evacuation</li> <li>• Development of fire suppression activities for forest fires and facilities</li> <li>- Priority measures to protect facilities such as private houses</li> <li>• Monitoring the on-site situation between the situation room and the dispatch team</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assessment of wildfire scale and on-site situation</li> <li>• Instruction for thorough on-site safety management, etc.</li> </ul>

본법 제12조(화재의 예방조치 등), 산림 연접지 등 무단 소각에 의해 화재로 오인할 만한 행위 단속(도 화재예방 조례(20만원 이하 과태료) / 시·군과 합동 홍보 등 추진) 비행훈련 시간 등 활용 산림화재 예방 홍보 및 순찰한다. 둘째, 화목보일러 안전관리 홍보 강화한다. 산림인접 화목보일러 설치 주택 화재예방 컨설팅, 산림인접지 화목보일러 사용 주택 의용소방대원 및 산불감시원(시·군 산림부서 협업 추진) 시행, TV·신문기고 또는 지역 언론매체를 통한 화재예방 홍보한다. 셋째, 의용소방대원의 산림화재 감시 및 진화활동 적극 참여한다. 산림인접지역 생활속(이동·농사일·생업 중 등 평상시 생활하면서 위험요인 발견 시 즉시 조치) 산불 감시 및 위험요인 발견 시 조치·신고, 기상특보(건조,강풍), 산불위기경보 발령 시 산림화재 경계 순찰하여야 한다.

산림화재 대비태세 구축하여야 한다. 첫째, 신속 정확한 상황관리(보고·전파) 체계 구축으로 산불현장 영상 모니터링 시스템(산림청) 활용 정보제공 및 진압작전 전개, 종합상황실 시스템 활용 및 지휘관 정보 제공, 신고접수 시 정확한 상황과악 및 유관기관 신속 전파는 <Table 4>와 같이 지자체 등의 출동·진화정보 관리를 통한 현장정보 수집 및 공유, 신속한 산림화재 정보분석으로 지자체 등의 적절한 주민대피·경고 및 민가 피해 방지를 위한 긴급조치, 119현장지원시스템 활용 실시간 차량 위치 확인, 지휘작전체계 확보하여야 한다. 둘째, 산림화재 진압용 장비 및 소방용수시설 일체 점검·정비방안으로 산불호스릴 등

진화장비 숙달훈련 및 관리 철저, 소방차 및 산불진압용 장비 점검·정비 철저(100% 가동상태 유지), 산화펌프, 동력소방펌프 등 진화장비조작 교육·훈련(주1회 이상), 진화장비를 위한 의용소방대원 동원 시 지자체의 산림화재 진화장비(등짐펌프 등) 현장지원체계 구축(소방관서별 지자체 협의), 이동식 저수조 사전 장비점검과 급수훈련 실시, 산불 취약지역의 갈수기 및 결빙기 진화헬기 취수원 관리상태 수시 확인(정보공유)한다. 셋째, 산림인접마을 비상소화장치 사용법 교육 및 훈련한다. 소방용수시설 일체조사와 연계 추진, 산림인접마을 비상소화장치(전관서), 초기대응능력 향상을 위한 관계인(마을주민, 의용소방대원 등) 비상소화장치 사용법 교육·훈련 실시, 비상소화장치 관계인(이장, 통장, 의용소방대원, 주민 등) 지정 및 지속적 관리를 하여야 한다. 넷째, 산림화재 동원훈련(기상특보 산림화재 대비·대응)과 산림인접 문화재 등 소방훈련을 하여야 한다. 산림 내 또는 연접지 문화재, 전통사찰, 중요 시설물 등으로 관계자에 대한 산림화재 예방 등 안전교육 실시, 자위소방대 중심 초기대응능력 강화 및 출동로 확보 추진하여야 한다.

산림화재 대응 태세 강화 대형로 첫째, 산림화재 위험고조시기 기상특보(건조&강풍) 시 산림화재 진화자원 전략적 사전 배치하고 둘째, 대형 산림화재 발생 시 전국동원령 요청 등 총력대응으로 도내 소방력으로 효율적인 대응이 어렵다고 예상되는 경우 전국동원령 요청, 동원 시간 단축을 위해 산림화재 상황이 접수되면 신속히 판단하여

<Table 4> Relevant organization coordination system

Relevant ministries	forest fire prevention
Ministry of Justice	· Catch and punish forest fire causative agents
Department of Defense	· Adjustment of shooting training schedule in case of danger of wildfire · Military helicopter support in case of forest fire
Ministry of Government Administration and Home Affairs (National Police Agency)	· Reinforcement of the city/gun forestry department · Pursuing interest in the heads of local governments · Cooperation with firefighting and arrest of criminals
Ministry of Education	· Importance of forests, forest fire prevention education
Ministry of Culture and Tourism	· Cooperation in public relations for forest fire prevention
Ministry of Agriculture and Forestry	· Guidance on crackdowns on paddy fields, paddy fields, agricultural waste, and rice straw burning
Ministry of Information and Communication	· 114 Information phone to promote forest fire warning
Ministry of Environment	· Prevention and extinguishing of wildfires in national parks
Ministry of Land, Infrastructure and Transport	· Guidelines for forest fire warning through vehicle broadcasting
Ministry of Strategy and Finance	· Cooperation in securing firefighting equipment such as super-large helicopters
Meteorological Administration	· Weather-related cooperation and forest fire warning publicity
forestry department	· Operation of the Central Countermeasures Headquarters for Forest Fire Prevention · Establishment and implementation of forest fire prevention measures

<Table 5> Measures to prevent the spread of wildfires

step		Action Description	
		City/province fire department	fire department
mountain fire sudden mountain	small to medium size forest fires	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Operation of fire department emergency rescue and control team if necessary</li> <li>· Establishment of the on-site command center</li> <li>· A request for a wide-area support dispatch</li> <li>· Dispatch of liaison officers to the forest fire site integrated command headquarters</li> <li>※ Head of Integrated Command: Special Self-Governing Province Mayor, Special Self-Governing Province Governor, Si/Gun Head, Gu head, National Forest Management Director</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Manage the progress of forest fires (119 General Situation Room)</li> <li>- Helicopter, manpower mobilization, etc.</li> <li>· Operation of forest fire response support team (Fire Response Investigation Division)</li> <li>- Required personnel emergency duty order</li> </ul>
	large wildfire (More than 1 million m <sup>2</sup> , difficulty in putting in firefighting resources and fear of damage to facilities)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Operation of Emergency Rescue Control Team at Fire Department Headquarters if necessary</li> <li>· Hold on-site emergency response meeting</li> <li>- Evolution plan, support team formation, distribution plan, etc.</li> <li>· Fire-Line installation</li> <li>※ Head of Integrated Command Headquarters: Mayor/Do Governor, Director of the Korea Forest Service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Operation of wildfire emergency response team (Fire Service)</li> <li>· Fire helicopter and manpower arrangement adjustment and support</li> <li>· Report on internal and external situation such as BH</li> <li>· If necessary, the Central Disaster and Safety Countermeasures Headquarters</li> <li>Operation (Social Disaster Response Division, Ministry of Public Administration and Security)</li> </ul>
	catastrophic wildfire (Damage to human life, property, and state, serious impact on forest ecosystem)	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;">Central Emergency Rescue Control Group: Chief of the Fire Department</div>	
fire extinguishing		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Evolution line construction</li> <li>· Organize and operate a back light monitoring team (volunteer fire brigade, etc.)</li> </ul>	
Repair/recovery		Formation and operation of a joint investigation team for damage investigation <ul style="list-style-type: none"> <li>· Identification and reporting of damage to facilities</li> <li>· Participation in emergency relief activities for wildfire damage</li> </ul>	

야 한다. 셋째, 현장지휘관의 신속한 상황판단 및 적절한 진화자원 투입하는 방안으로 산림화재 발생 시 인명구조 최우선, 신속한 초기대응 및 문화재, 민가 등 보호, 현장지휘관은 인명피해 예상 시에는 산림화재 진화 우선순위에 따라 모든 소방력을 인명 및 시설물 보호 등에 최우선 투입((산불진화기관의 임무와 역할에 관한 규정 제14조) 인명보호→국가기간산업군사시설 및 문화재 보호→가옥 등 재산 보호→중요 산림자원의 보호→산불 확산 방지), 신고접수 시부터 지자체산림청 산불진화대 동시 출동 요청으로 소방력 조기 투입 초동진화(산림화재 취약지역 시설물 지도 등을 통한 사전 정보 파악으로 출동대상물의 특성에 따른 효과적인 진압작전 전개), 현장지휘관은 인명 및 시설물 피해 우려 시 119종합상황실에 산림청 및 지자체 임차 헬기, 진화인력 신속지원 요청, 산림화재 초기부터 헬기 진화 공조로 소방, 임차헬기, 산림항공본부, 산림항

공관리소, 군부대 공조진화 실시, 임차헬기는 시군 상호간 임차헬기 지원 MOU에 따라 인접 시·도, 시·군간 산불 발생 시 진화 지원, 기상특보발령, 대형동시다발 산불확산 우려 시 헬기 조기지원 요청한다.

### 5. 결론

우리나라 산불은 매년 가을에 시작하여 봄철까지 주로 발생한다. 대부분 산불은 지형적 특성과 부주의가 결합된 인재이며 초기대응 실패와 뒷불정리 미흡이 대형 산불로 확산되고 있다. 이러한 산불을 막기 위해서는 국민들의 적극적인 협조가 절실하다. 최근 산불에서 보는 바와 같이 우리나라에서 초대형 산불이 국민들의 사소한 부주의로 인하여 발생되고 있기 때문에 국민들의 관심이 무엇보다



필요하다. 산불이 확산 되어 대형화되면 인명 및 재산피해 입게 되고 그 피해는 되돌릴 수 없다. 본 연구에서는 다양한 방법으로 산불예방 및 진압대책의 문제점과 개선방안을 제시하였으며 유관기관의 산불예방 공조체계 활동을 전개 등으로 구성하고 산림청의 기상상태별 경보발령 등 예방체계가 마련되어야 하고, 현장지휘·상황보고체계 개선하여 소중한 생명과 산림피해를 최소화 하여야 한다. 최소화하기 위해 모범사례를 충청 강원 119특수구조대에서 인근산 산불피해지를 대상으로 분석한 모델로 실험, 발화 및 진화시간, 피해면적, 모델지 크기로 설정된 시간대별 연소진행과 풍향에 의한 진행방향 풍행에 의한 진행속도를 시뮬레이션하였다. 또한 산불발생의 원인과 책임소재, 산불예방의 문제점과 개선방안, 산불진화의 문제점과 개선방안, 지휘체계의 문제점과 개선방안, 피해지역 지원의 문제점과 개선방안, 산불피해지 복구방안, 산불방지대책 등에 대한 문제점과 개선방안을 마련하였으며, 지자체에서는 눈에 보이는 사업에만 치중하고 있기 때문에 과거와 같이 자치단체장에게 직접 책임을 물을 수 있도록 법적 조치를 강구 하여야 한다. 또한 산불 위험 시기에는 국민 불편이 있더라도 강력한 예방조치를 취해야 하며, 산림법 위반사례에 대해서는 보다 엄정한 법집행이 필요하다. 또한 진화용 헬기 등이 신속한 초동진화가 어려운 경우가 있으므로 평상시 임도 등 접근로를 대폭 개설하고 평상시에 전문인력 양성과 인공강우 등과 같은 첨단기술을 도입해야 한다. 지금까지 산불은 대부분 소방이 주축이 되어 진화하였는데 앞으로는 산림청이 중심이 되어 인력과 장비를 즉각 동원하고 유관기관 공조를 유지할 수 있도록 하길 바란다.

## 6. 정책적 제언

산불 위험 시기에는 국민 불편이 있더라도 강력한 예방 조치를 취해야 하며, 산림법 위반사례에 대해서는 보다 엄정한 법집행이 필요하다. 또한 진화용 헬기 등이 신속한 초동진화가 어려운 경우가 있으므로 평상시 임도 등 접근로를 대폭 개설하고 평상시에 전문인력 양성과 인공강우 등과 같은 첨단기술을 도입해야 한다. 지금까지 산불은 대부분 소방이 주축이 되어 진화하였는데 앞으로는 산림청이 중심이 되어 인력과 장비를 즉각 동원하는 통합유관기관 공조체계 시스템을 유지할 수 있도록 하길 바란다.

## 7. References

[1] J. J. Armesto, S. T. A. Pickett(1985), "Experiments on disturbance in old-field plant communities."

Ecology, 66:230-240.  
[2] N. V. L. Brokaw(1985), "Treefalls, regrowth, and community structure in tropical forests." In S. T. A. Pickett and P. S. White (Eds.), *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (pp. 53-69). Academic Press, New York.  
[3] J. H. Connell(1978), "Diversity in tropical rain forests and coralreefs." *Science*, 199:1302-1310.  
[4] Y. Choung, B. C. Lee, J. H. Cho, K. S. Lee, I. S. Jang, S. H. Kim, S. K. Hong, H. C. Jung, H. L. Choung. (2004), "Forest responses to the large-scale East coast fires in Korea." *Ecological Research*, 19:43-54.  
[5] J. Hellkvist, G. P. Richards, P. G. Jarvis(1974), "Vertical gradients of water potential and tissue water relations in sitka spruce tree measured with the pressure chamber." *Journal of Applied Ecology*, 11:637-668.  
[6] P. G. Jarvis, M. S. Jarvis(1963), "The water relations of tree seedlings.III. Transpiration in relation to osmotic potential of the root medium." *Physiologia Plantarum*, 16:269-275.  
[7] C. S. Lee, J. H. Kim, H. Yi, Y. H. You(2004), "Seedling establishment and regeneration of Korean red pine forests in Korea in relation to soil moisture." *Forest Ecology and Management*, 199:423-432.  
[8] C. D. Oliver, B. C. Larson(1990), *Forestst and dynamics*. McGraw-Hill, New York.  
[9] G. S. Park, M. J. Lee, H. K. Song(2002), "Effects of forest fire on herb layer development and chemical properties of soil." *Korean Society of Environment and Ecology*, 26(1):67-73.  
[10] W. P. Sousa(1984), "The role of disturbance in natural communities." *Review of Ecology and Systematics*, 15:353-391.  
[11] E. W. Schupp, H. F. Howe, C. K. Augspurger, D. J. Levey(1989), "Arrival and survival in tropical treefall gaps." *Ecology*, 70:562-564.  
[12] H. Seo, Y. Choung(2010), "Vulnerability of *Pinus densiflora* to forest fire based on ignition characteristics." *Journal of Ecology and Environment*, 33(4):343-349.  
[13] H. Seo, Y. Choung(2014), "Enhanced vulnerability to fire by *Pinus densiflora* forests due to tree morphology and stand structure in Korea." *Journal of Plant Biology*, 57:48-54.  
[14] D. Tilman(1986a), "Nitrogen-limited growth in

- plants from different successional stage.” *Ecology*, 67:555–563.
- [15] D. Tilman(1986b), “Resource, competition and the dynamics of plant communities.” In M. Crawley (Ed.), *Plant ecology* (pp. 51–76). Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- [16] R. J. Vogl(1980), “The ecological factors that produce perturbation–dependent ecosystems.” In J. Cairns (Ed.), *Recovery process in damaged ecosystem* (pp. 63–94). Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor.
- [17] P. S. White(1979), “Pattern, process and natural disturbance in vegetation.” *Botanical Review*, 45:229–299.
- [18] P. S. White, S. T. A. Pickett(1985), “Natural disturbance and patch dynamics: An introduction.” In S. T. A. Pickett, P. S. White (Eds.), *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (pp. 3–13). Academic Press, New York.

## 저자 소개



### 이 정 일

한성대학교 산업안전공학과 공학사,  
한성대학교 경영학석사, 한성대학교 경영학박사,  
광운대학교 행정학박사, 동방대학원대학교  
풍수학박사 수료.  
관심분야 : 재난관리, 위기관리 전반에 대한  
내용 등



### 조 성 배

현재 행정안전부 국가민방위재난안전교육원,  
연세대학교 행정학 석사, 충북대학교 방재공  
학 박사과정 수료하였음.  
1998~2016년 행정안전부, 2016~2017 국  
민안전처, 2018~2022년 행정안전부 국가민  
방위재난안전교육원 민방위비상대비교육과장  
으로 재직.  
관심분야 : 재난관리, 민방위, 비상대비, 소방  
행정 등  
주소: 충남 공주시 사곡면 연수단지길 90