

산불사고 현황과 대응체계 분석을 통한 안전관리 개선방안 연구

A Study on the Improvement of Safety Management by Analyzing the Current Status and Response System of Forest Fire Accidents

정경옥^{1*} · 김대진²Kyung-ok Jeong^{1*}, Dae-jin Kim²¹Ph.D, Department of Disaster and Safety Management major, University of Soongsil, Seoul, Republic of Korea²Doctor's Course, Department of Disaster Safety Engineering, University of Woosuk, Jeonjoo, Republic of Korea

*Corresponding author: Kyung-ok Jeong, jkocs@naver.com

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to present the direction of improvement of safety management by reviewing the current status of forest fire accidents that are becoming larger throughout the year and the problems of the response system. **Method:** Domestic and foreign literature survey and statistics of recent forest fire accidents by Statistics Korea investigated and analyzed the cause, number of damage, and suggested ways to improve forest fire safety management through domestic and foreign forest fire response systems. **Result:** Through the analysis of the causes of recent wildfires and overseas response cases, measures to improve the safety management of wildfires in terms of hardware, software, and humanware were derived. **Conclusion:** The plan to improve forest fire safety management was classified into three main categories and presented, and it should be embodied through further related research.

Keywords: Forest Fire, Fire, Disaster, Social Disaster, Safety Management, Korea Forest Service

요약

연구목적: 본 연구에서는 연중화, 대형화하는 산불사고 현황과 대응체계를 살펴보고 현장 대응체계의 문제점을 파악하여 산불사고 안전관리의 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. **연구방법:** 국내외 문헌 조사와 관련 웹사이트, 통계청 및 산림청의 최근 산불사고 통계를 통해 산불 사고 원인, 피해 규모를 조사하고, 국내외 산불사고 대응체계 분석하여 산불사고 안전관리의 개선방안을 제시하였다. **연구결과:** 최근 발생한 산불 발생 원인분석과 국외 대응 사례를 통하여 대응체계와 전문인력 측면의 산불사고 안전관리 개선방안을 도출하였다. **결론:** 산불 안전관리 개선방안을 크게 2가지로 분류하여 제시하였으며, 추가 관련 연구를 통해 구체화해 나가야 할 것이다.

핵심용어: 산불, 화재, 재난, 사회재난, 안전관리, 산림청

Received | 27 May, 2022

Revised | 20 July, 2022

Accepted | 20 July, 2022

 OPEN ACCESS

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

2022년 3월에 경북 울진에서 시작되어 강원 삼척까지 번진 초대형 산불 사고가 발생하였다. 이 산불은 3월 4일에 시작되었는데 3월 13일 오전 9시부터 주불 진화를 완료하여 213시간 넘게 산림 약 3만ha를 태우고, 산림청 통계상 1986년 이후 ‘가장 오래 지속된 산불’이란 기록을 세웠다. 산불 피해 추정 면적은 서울 면적의 약 35%에 해당하며, 진화를 위해 투입된 헬기는 1,212대, 인력은 6만 9,698명에 달하였다. 울진과 삼척에 원자력발전소와 액화천연가스시설 등의 국가 주요시설과 불영사, 금강송 군락지 등이 있어 산불 기간 동안 매우 위험한 상황이었다. 단일 지역에 산불로 이렇게 많은 헬기가 투입된 경우는 처음이었으며, 산불 진화차와 소방차 등 누적 56,180대의 장비가 동원되어 진화에 힘을 모았다. 이번 산불로 인명피해는 없었지만, 주택, 공장 및 창고, 농·축산시설, 종교시설 등 총 643개 시설이 소실되었다.

한 달 뒤 바로 4월에 경북 군위에서도 산불이 나 산불 진화헬기 37대와 진화인력이 1,200여 명이 현장에 투입되었다. 다행히 인명과 재산피해는 없었지만, 산불영향구역은 347ha로 축구장 면적의 489배에 달하는 규모로 잠정 확인되었다. 같은 달 강원도 양구군에서도 산불이 났는데 총 720ha가 소실된 것으로 추정되었으며, 이는 주민이 낙엽을 태우다가 발생한 산불이었다. 이뿐 아니라, 2020년 3월 울산 울주군, 4월 경북 안동시, 5월 강원 고성군 등에서도 산불이 발생하여 큰 피해가 있었다.

최근 기후변화로 인한 건조일수 증가 및 강풍으로 대형 산불 확산 가능성이 커지고 있다. 특히, 2020년은 건조특보 발령일수가 154일로 예년 131일보다 건조일수가 증가하였고, 강수량·강수일수가 대폭 감소하여 산불위험이 지속하였다. 이러한 건조한 날씨와 강풍으로 경기, 경북, 강원 지역에 산불 피해가 집중되었고, 귀산촌 인구의 지속적 유입과 산림 내 버섯·약초 채취자 등 무단 입산자 증가 등으로 인하여 산불 발생요인도 상승하였다.

산불을 초기에 진화하지 못하면 강풍을 타고 크게 확산하는 것이 일반적인 특징이며, 원 상태로 복원하는 데에도 상당한 시간이 소요되므로 예방이 가장 중요하다(Jeon, 2013). 산불 피해지역은 나무들이 없어 토양표층이 건조하고 견고해지며 강수로 인한 토양 유실이 생길 수 있다. 또한, 대량의 토사유출은 산림 생태계의 기반을 약화하여 산사태를 발생시킬 수 있다(Lee, 2003). 산불은 산림 내에서 낙엽, 초류, 임목 등의 가연물질이 연소하여 많은 분진이 발생하는데 이 분진에 함유된 영양염류와 중금속들이 하천을 통해 연안에 유입되어 연안 생태계에 교란을 일으키는 등 2차 피해를 일으키고 있다 (Ministry of Science and ICT, 2002).

전 세계는 인구의 도시 집중화로 인해 기존 도시지역과 인접한 산림과 녹지를 주택과 상업지로 개발하였다. 개발된 도시에서 발생한 화재는 산불로 전이되거나, 도심지의 건물로 쉽게 옮겨갈 수 있는 매개체가 되었다(Yeom et al., 2019). 이러한 산불의 위험성은 전 세계적으로 장기간 계속될 것으로 전망하고 있다. 이에 본 연구에서 산불사고 현황을 조사 분석하고, 현장 대응체계의 문제점을 파악하여 산불사고 안전관리 개선방안을 제시하고자 하였다.

연구방법

본 연구에서는 우리나라의 최근 산불사고 통계를 통해 산불 사고 원인, 피해 현황을 조사 및 분석하였다. 이를 위하여 행정안전부 재난연감, 국립산림과학원 산림재해백서, 국내외 학위논문 및 학술지, 관련 규정 등의 문헌 조사와 통계청 및 산림청의 산불사고 통계자료, 관련 웹사이트 등을 고찰하였다. 더불어 유사 사고 예방을 위하여 국내외 산불사고 대응 사례에 대해 알아보고, 안전관리 개선방안을 대응체계와 전문인력 관리 측면으로 구분하여 제시하였다.

산불사고 분석

산불사고 통계분석

최근 10년간 산불 피해 현황

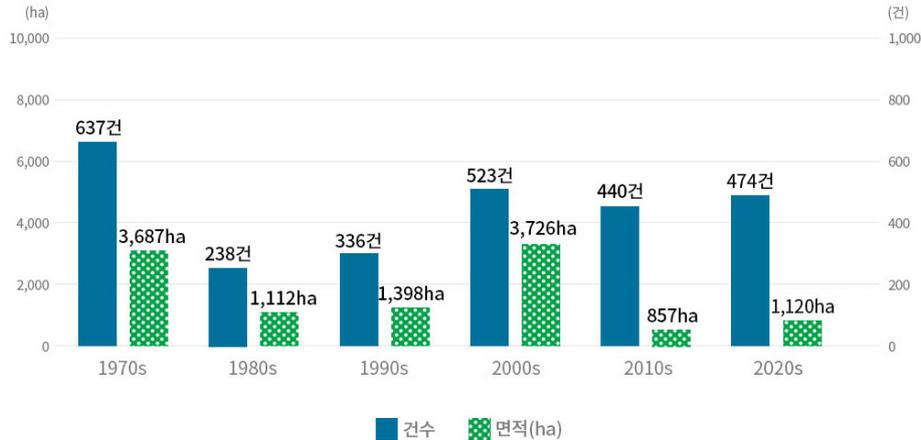


Fig. 1. Status of forest fire damage

산림청의 ‘산불통계연보’에 따르면 Fig. 1과 같이 산불 사고가 꾸준히 발생하고 있는 것을 확인할 수 있다. 여기서 피해면적은 산불이 발생하여 지상입목, 관목, 시초 등을 연소시키면서 실제로 산불이 지나간 면적을 말한다.

최근 10년(2011~2020년) 산불 피해 현황을 살펴보면, 먼저 발생지역별로는 경기 20%, 경북 17%, 강원 15%로 53%가량이 지역에 집중되었다. 봄철 산불 조심기간 최장 건조특보(3월 29일~4월 16일)와 산불위험등급 ‘높음’을 유지한 경기지역(168건, 37.2%)에서 가장 많은 산불이 집중되었다. 가을철 산불 조심기간 또한 전체 68건 중 37건이 경기, 경북 지역에서 발생하였다. 또한, 산불 발생 시기는 청명과 한식 때 25건, 석가탄신일에 10건, 선거일에 8건 등 연휴·공휴일 등 특정 시기의 산불 발생 및 피해는 청명·한식 기간에 최대 발생하였다. 산불 발생 시간대는 오후 14~18시에 44%, 정오 11~13시에 39%, 이 시간대에 집중해서 발생하였다.

2020년 우리나라의 산불 발생건수는 예년(474건) 대비해서 약 41% 증가하였으며, 피해면적은 2,919.17ha로 예년(1,119.47ha) 대비 약 241% 증가하였다. 동해안 및 내륙 특정 지역의 잦은 건조특보로 산불의 위험이 상존하게 되었고, 높은 비율의 침엽수림 분포는 산불의 대형화와 확산을 가속화하였다. 근래에는 기후변화 등으로 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 초대형 산불이 자주 발생하여 범국제적 재난으로 주목받고 있다.

산불 원인분석

산불은 큰 인적·물적 피해 규모에 비하면 원인은 아주 사소한 부주의로 발생하고 있어 이를 예방하여 피해를 최소화하는 것이 중요하다. 봄철(2월 1일~5월 15일 기준) 산불의 주요 원인은 입산자 실화와 쓰레기 소각이 전체 산불 발생 원인 중 44%를 차지하는데, 발생 비중은 점진적 감소 추세이다. 논·밭두렁 및 쓰레기 소각과 성묘객 실화의 비중도 역시 감소 추세에 있지만, 건축물 화재 전이로 인한 산불은 지속해서 증가하고 있다.

2020년 산림청의 산불통계연보 현황을 살펴보면, 1월 29건, 2월 42건, 3월 171건, 4월 184건, 5월 26건, 6월 38건, 7월 0건, 8월 1건, 9월 2건, 10월 35건, 11월 46건, 12월 46건이 발생하였다. 이 중 발생원인 중 가장 큰 피해를 보게 한 것은 입산자의 실화이며 그다음이 담뱃불 실화, 쓰레기 소각, 건축물 실화, 논밭 두렁 소각, 성묘객 실화 순으로 나타났다. Table 1은 원인별 산불 발생 현황을 나타낸 표이다.

Table 1. The trend of forest fires by cause

구분	10년 평균(2012~2021년)		2021년	
	건수	면적(ha)	건수	면적(ha)
입산자실화	160.6	424.084	133	79.63
쓰레기 소각	63.7	107.358	27	4.18
담뱃불실화	25.9	29.482	34	91.82
주택화재비화	25.8	42.788	20	7.25
기타	204.9	483.395	135	583.01
계	480.9	1,087.107	349	765.89

2020년 3월, 울산 울주군의 산불은 입산자의 실화로 발생하였고, 산불 진화에는 헬기 60대, 인력 5,636명이 투입되었다. 같은 해 4월, 경북 안동시의 산불 발생 원인은 명확하게 밝혀지지 않았지만, 이 역시도 입산자의 실화로 추정되었고 진화 헬기 84대, 진화인력은 9,130명이 투입된 큰 산불이었다.

산림재해백서에 의하면, 입산자 실화는 매년 증가하는 추세이다. 또한, 10년 평균 추이를 살펴보면, 3~4월에 집중되는 경향이 있으며, 이는 봄철 산행인구 증가와 버섯 등 약초 채취 활동의 증가로 해석된다. 최근 산림인접지 주택, 펜션 등 건축물 화재로 인한 산불 발생이 증가하였는데, 이는 산림인접지가 개발되고, 산림 주변에 사람들의 활동 범위가 확대하면서 나타나는 현상으로 해석된다. Fig. 2는 2020년 월별 입산자 실화 발생 현황 통계이다.

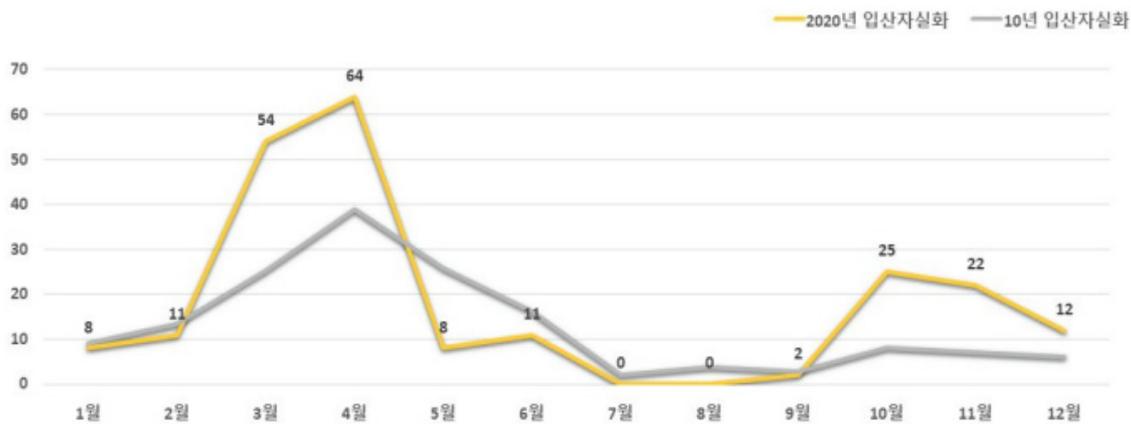


Fig. 2. Monthly trends of mountain climbers' misfire

산불 대응 현장의 문제점

산불이 나면 불시에 정전이나 기지국 파손으로 인한 통신 마비 상황이 펼쳐질 수 있고, 대피방송을 할 수 없어 주민대피에 어려움이 발생하게 된다. 야간 시간대는 진화 헬기가 동원되기 어려워 진화에 큰 어려움이 있어 산불 확산의 가능성이 커질 수 있어 진화인력이 직접 산에 올라가 물을 뿌리고, 연장으로 잔불을 제거하는 방법밖에 할 수가 없다.

또한, 산불 피해를 최소화하기 위해서는 많은 양의 물을 집중적으로 투하할 수 있는 소방헬기가 필요한데, 소방당국이 보유한 대형 소방헬기는 부족한 상황이다. 중소형 헬기의 담수량은 1천 리터 정도이지만, 대형 소방헬기의 담수량은 3천 리터로 집중 투하가 가능하다. 소방당국 대형헬기(담수용량 2,700 l 이상 기준) 보유현황은 중앙 119, 대구 소방, 울산 소방, 경기 소방, 경북 소방이 각 1대씩 보유하여 전국에 총 5대뿐이다. 헬기 1대당 200억 원이 넘고 유지관리에도 큰 비용이 들어 소방지휘통솔권을 가진 지자체가 부담하기에는 어려움이 있는 구조이다. 이에, 소방 대형헬기가 없는 권역의 재난 대응은 취약해질 수밖에 없는 상황이다. 소방 전문가는 권역별로 나눠서 대형헬기를 보유해야 하며 대형 산불이 많이 일어날 수 있는 지역에는 2~3대를 배치해야 한다고 하였다. 또한, 중·소형의 노후화된 헬기를 현재도 사용하고 있어 교체 및 추가 도입이 필요한 상황이다.

한편, 2019년부터 유행하고 있는 COVID-19 감염병으로 도시권 산행인구가 증가하고, 버섯·약초 채취자 등 무단 입산자로 인한 산불이 증가하고 있다. 현재는 산행인구를 일일이 막을 수 있는 감시 인원이 부족하고 CCTV 설치가 되어 있지만, 사각지대가 있을 수 있어 온전한 감시체제가 이뤄지지 못하고 있다.

강원과 경북 등 산불이 자주 발생하는 지역에서는 고령자의 비율이 높고 일손이 부족한 산촌 지역으로 영농 부산물, 생활 폐기물 등을 수거·파쇄보다 소각하는 것을 선호하는 경향이 있다. 이로 인하여 불티가 날아가 산불이 나는 경우가 발생하고 있다. 또한, 이 지역에는 소나무가 많이 있는데, 송진이 있는 소나무는 불이 잘 붙고 오래 지속된다. 이와 관련하여 연구자 Lloyd(2006)와 Higuera(2009)는 식물의 유형이 더 중요하다고 말하였는데(Barrett et al., 2016), 따라서 산불에 강한 활엽수 등 다른 나무들로 수종 교체가 필요하며, 이를 위해서는 토양을 개량하는 작업까지 해야 해 많은 예산과 인력 동원이 필요한 상황이다.

다음으로 지역주민은 산불이 발생할 경우, 직접 피해에 노출되는 동시에 초동 진화에 투입될 위치에 거주하고 있어 산불 예방과 대응에 있어 가장 밀접한 관계에 있다(Jeon, 2013). 이러한 지역주민을 대상으로 한 안전교육이 시행되고 있으나, 지역주민이 대부분 고령층인 경우가 많아 사건 발생 시 바로 투입이 어려운 경우가 많다.

산불사고 관리체계

국내 산불사고 대응체계

산불 관련 정책

산림청 발족 이전에는 농림부 산림국 임정과에서 산불 관련 업무를 담당하였다. 1961년 「산림법」이 제정되면서 산불방지는 산림계원과 국유림보호조합원으로 구성된 산불경방단이 산불을 진화하였다. 1967년 1월 산림청이 발족하면서 산불은 임정국 보호과에서 관장하게 되었으며, 1973년에 제1차 산림기본계획이 수립되기 시작하였다.

제5차 산림기본계획(2008~2017년) 안에는 기계화시스템 도입, 산불 상황관제 시스템 도입, 바닷물 산불 진화 도입, 헬기 위치정보 시스템, 산불 현장 동영상 전송시스템 시범 시행 등의 내용이 포함되어 있다. 이렇듯 산불 진화에 대응하기 위한 정책과 시스템, 장비 등은 날로 발전하고 있다. 현재 진화 헬기는 184대를 보유하고 있으며, 산불이 확산할 경우, 군·경·소방 등

의 유관기관으로부터 67대를 지원받아 공동으로 진화 업무를 수행하고 있다. 또한, 산불특수진화대, 공중진화대, 산불전문진화대 등 산불진화에 특화된 지상 인력이 투입되고 있다.

2020년 「산림보호법 시행령」에 산불 조심기간 풍등 등 소형 열기구를 날리는 행위에 관한 과태료 조항이 신설되었다. 동법 시행령에 산불재난특수진화대 구성 및 운영에 관한 법적 근거가 마련되었으며, 산불재난특수진화대를 정규직화하는 등의 처우를 개선하였다. 비대면 산림드론감시단 32개단이 운영되며 산불대응센터, 산불안전공간, ICT 플랫폼, 재난안전통신망, 산불예방임도 등이 신규 구축되었다. 임도는 산불의 확산을 막아주는 방화선의 역할을 하며, 산불 진화차량과 진화인력이 현장에 쉽게 접근할 수 있도록 한다. 하지만 우리나라의 임도밀도는 ha당 3.5m로 독일(45), 일본(13), 미국(9.5) 등의 나라에 비하면 매우 낮은 수준을 보인다. 따라서 임도 설치를 확대해 나가며 주요 시설물 보호와 인명 피해 저감 등 산불 예방 및 대응 정책은 지속해서 발전해나가야 한다.

산림유전자원보호구역의 관리를 목적으로 산림생태관리센터 2010년부터 8개소를 운영 중이나 체계적인 관리프로그램이 미흡하고, 인력 및 재정이 부족한 상황이다. 또한, 개체 단위 관리에 집중하여 생태계 접근 등 생태계 단위 관리체계는 미흡하다. 산림을 구성하고 있는 관목, 초본, 낙엽, 낙지 등의 중량과 수분함량의 특성에 따라 산불의 소멸과 확산 속도가 결정나게 된다. 그런데, 소나무 등의 침엽수는 수분함량이 낮고 발열량이 많아 산불의 확산 속도를 높일 수 있다(Kim, 2015 ; Kim, 2021). 기존의 산림이 생태적 가치는 높으나 산불 안전관리에는 위험한 상황이다. 산림포화 상태의 단계적 해소를 위해 계획을 수립하였지만, 이 부분이 신속히 개선되지 않아 유사 사고가 매해 반복되고 있다. 이번 울진과 경북의 산불사고를 통해서도 다시 한번 깨닫게 되었다. 더불어 안전 사각지대에 놓여있는 도서·연안 지역을 중심으로 한 관리를 강화해야 한다. 이러한 지역은 지상 감시가 쉽지 않아 공중감시가 가능한 드론을 활용하는 등 적극적인 관리가 가능한 수준으로의 안전 목표를 재설정하는 방재 정책의 전환이 필요하다.

산불 현장 대응체계

산불이 발생하면 산림 주변의 가옥이나 시설물에 대한 것은 소방청에서 중점 방어하는 등의 역할을 담당하고, 산림에 대한 공중진화는 산림청이 분담하고 있다. 산불진압의 주무부서는 산림부서이며, 소방관서는 산불진압지원부서로 「산림보호법」에 규정되어 있다. 하지만 산불 발생 시 최초 신고접수부터 초동 진압, 완전 진압까지 소방관서에서 담당하는 것이 현실이다(Yang, 2017). 산림청 헬기에 의한 공중작전을 제외하고는 대부분의 산불 진화 작전은 소방청이 해내고 있다.

산불지휘체계와 관련하여 국유림의 경우는 산림청, 지방관리청, 국유림관리소, 산불방지대책본부 순으로 중앙조직과 지방조직이 일관되게 ‘재난안전대책본부’가 구축되어 있다(Jeong, 2012). 산불진압의 책임은 시·도지사, 시장·군수·구청장에게 있고, 실질적 산불지휘권은 산림청장이 행사하는 다소 기형적인 지휘체계를 가지고 있다(Joo, 2021). 이에, 산불화재 현장 경험이 거의 없는 시·도지사, 시장·군수·구청장에게 책임을 주어 많은 한계가 발생할 수 있다. 이러한 지휘부의 이원화 및 상호 정보공유 부재는 효율성을 상실할 수 있다. 한편, 「산림보호법」에 의거 산불 진화 현장 지휘에 관한 규정은 있지만, 장비의 구체적인 동원기준 및 절차가 미흡하고 산불 진화인력에 대한 소화종사 명령, 피난명령권 등의 강제조치권이 없어 실질적인 현장 지휘에 어려움이 있다(Yang, 2017).

우리나라는 산불예측·분석센터 운영으로 적시에 신속하고 과학적 예방 활동을 지원하고 있다. 그중 하나는 국가산불위험예보시스템으로 이 시스템을 안정적으로 운영하기 위해 2인 1조로 150일 상시 근무하고 있다. 또한, 대규모 기후변화분석으로 산불위험 계절 및 중기 예보체계를 구축하였다. 또한 열화상 카메라를 헬기에 탑재하여 열화상 카메라에 장착된 위치 및

자세 정보를 수집·분석하여 산불 지휘 헬기용 실시간 화선 및 잔불 매핑 시스템을 개발하였다.

산불방지 주요 시책

2020년 산불방지 주요 시책을 살펴보면, Table 2와 같다. ① 산불방지 추진기반 구축, ② 산불 현장 중심의 대응 체계 구축, ③ 신기술을 활용한 스마트 산불 예방, ④ 헬기 진화역량 및 안전관리 강화, ⑤ 산불방지 대국민 홍보 강화 및 국민 의식 개선, ⑥ 산불 원인조사 강화 및 사후 평가 등의 총 6가지 주요 시책을 수립하였다(Park et al., 2020).

Table 2. Major policies to prevent forest fires in 2020

NO	주요 시책	세부 내용
1	산불 방지 추진기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> 산불방지대책본부 운영 및 사전대비 강화 대형화·연중화 산불 대응 조직·인력 확충 지능형 산림재해 지원체계 구축
2	산불 현장 중심의 대응체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> 신속한 주민대피 체계 구축 산불 현장 대응력 강화 및 상황관리 체계화
3	신기술을 활용한 스마트 산불 예방	<ul style="list-style-type: none"> ICT 기반의 산불 예방 대응체계 구축 산불 발생 원인별 사전예방 강화 지역·특성별 맞춤형 산불 예방 기관별 전문화된 지상진화대 편성·효율적 운영
4	헬기 진화역량 및 안전관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> 산림헬기 진화역량 극대화 및 유관기관 공조 강화 헬기 안전관리 강화 및 급수지 관리 철저
5	산불 방지 대국민 홍보 강화 및 국민 의식 개선	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 매체를 활용한 현장 중심의 맞춤형 홍보 가해자 처벌 집중 홍보 및 민간 중심 홍보 전략화
6	산불 원인조사 강화 및 사후평가	<ul style="list-style-type: none"> 산불 원인조사 및 가해자 검거 철저 산불 대응 사후평가·분석 강화

산불 진화인력

산불 진화에는 산림청, 산불진화대, 산림공무원, 소방공무원, 의용소방대원, 군인 등이 참여하고 있다. 산불진화대는 시·군 및 국유림관리사무소가 운영하는 기계화 진화대, 지방산림청의 광역진화대, 항공본부의 항공진화대, 시군의 진화대로 이루어진다.

산림청 산불재난특수진화대의 1개조는 12명 내외로 편성·운영하며, 원활한 임무 수행을 위해 조장 및 부조장을 각 1명씩 지정할 수 있다. 진화대원은 평상시에는 산불재난과 산림재해대응 교육·훈련 및 진화자원을 정비하고, 담수지 확보, 인화물질 제거, 산불예방활동을 하며 산불재난 대비·대응 태세를 구축하는 업무를 수행한다. 그리고 산불이 발생하면 국유림이나 사유림 구분 없이 산불 진화 현장에 투입된다. 그러나 산불재난특수진화대원의 처우는 열악한 상황이다. 일체 수당이 지급되지 않으며, 주말이나 밤새 진화작업을 해도 초과 근무수당을 받지 못하고 있다. 산림청은 부족한 예산 때문에 진화대원의 처우 개선이 어렵다는 입장이다. 2021년 1만110명 규모였던 예방진화대는 2022년 9,604명으로 감축되었고, 예산은 716억에서 700억 원으로 줄어든 상황이다.

국외 산불사고 대응체계

Table 3은 2015~2019년 사이에 발생한 주요국의 산불 발생 현황이다. 미국이 평균 62,964건으로 가장 많이 발생하였고, 다음으로 포르투갈, 스페인, 캐나다, 이탈리아, 프랑스, 일본, 독일 순이었다.

Table 3. The current status of forest fires in major countries (2015~2019)

연도	미국	포르투갈	스페인	캐나다	이탈리아	프랑스	일본	독일
2015	68,151	15,851	11,928	7,140	5,442	4,440	1,106	1,071
2016	67,595	13,261	8,817	5,203	5,818	4,285	1,027	608
2017	71,499	21,002	13,793	5,611	7,855	4,403	1,284	424
2018	58,083	12,436	7,143	7,068	3,220	3,005	1,363	1,708
2019	49,492	10,832	10,883	3,921	4,351	5,435	1,391	1,523
평균	62,964.00	14,676.40	10,512.80	5,788.60	5,337.20	4,313.60	1,234.20	1,066.80

미국 사례

미국은 전 세계적으로 산불이 가장 많이 발생하는 국가로, 최근 10년간(2010~2019년) 연평균 발생건수는 63,988건, 피해면적 3,364,150ha, 건당 피해면적 52.6ha에 달한다. 우리나라의 최근 10년간(2011~2020년) 연평균 발생건수 620건, 피해면적 2,920ha, 건당 피해면적 2.4ha에 비하면 엄청난 차이가 난다. 이는 미국 내에 대형 화재가 자주 발생한 것으로 분석된다.

미국의 대응체계를 먼저 살펴보면 다음과 같다. 2003년 10월 미국 캘리포니아에서 발생한 산불 사고에 소방헬기에 의한 진화 작전이 세워졌지만, 일몰시간 30분 전에 비행금지 규칙에 의해 진화 작업에 투입되지 못해 산불이 확대됨에 따라 야간 시간대의 공중 진화의 필요성을 더욱 갖게 되었다(Yang, 2017). 이에, 미국 산림청의 중장기 항공자원운영 계획은 미래의 공중 진화의 안전성, 경제성, 효율성의 확보를 위한 정밀하고 전략적인 계획을 마련하고 있다. 연방재난관리청에서는 캘리포니아주의 산불 대응역량 강화를 위하여 2022년 22억 달러를 지원하여 산불진화대원의 고용기간 연장, 산불예측정보센터 건립, 산불연료관리 등을 계획하고 있다.

국가적 산불관리는 산림청 등의 7개 기관이 중심이 된 국립 기관협력 소방센터(National Interagency Fire Center : NIFC)에서 담당하고 있다. NIFC의 7개 협력 기관은 산림청, 야생동물국, 국립공원국, 토지관리국, 인디언 사무국, 항공지원국, 국립기상청이다. 토지를 가장 많이 보유한 토지관리국이 중심기관이 되지만, 기관별 상호수평적 기관이지 수직적 종속기관 형태는 아니다(Park et al., 2017).

미국 소방청(U.S. Fire Administration : USFA)은 화재가 발생하면 진화 인력과 장비를 지원한다. 지원 서비스 중 국가화재사고보고 시스템(National Fire Incident Reporting System, NFIRS)을 제공하는데(Lee et al., 2020), 이는 화재정보, 응급 의료서비스, 자연재난 등 다양한 사항을 보고하는 표준 시스템이다. 또한, 기후예측센터(Climate Prediction Center : CPC)는 주 단위에서 연 단위로 기후 변화예측 정보를 실시간으로 제공하며 관리한다. 국립해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA)은 일기예보, 대기·해양·육상의 다양한 정보를 기업과 관련 기관에 제공하고 있다. 이러한 각 기관의 정보 빅데이터를 활용하여 안전관리에 적용하고 있다(Lee et al., 2020).

미국에서는 산불을 효과적으로 대응하기 위해 개발된 프로그램의 기본은 ‘연료 Model’이다. 다시 말해 효과적으로 산림

을 관리하기 위해, 산불의 확산 속도 및 강도를 예측하기 위해, 산불 피해 후 효과적으로 복구하기 위해 모두 연료 모델이 기본적으로 요구된다(Park, et al., 2017; Yang, 2017). 이처럼 산불 관련 연구가 국가적 차원의 지속적인 관심과 지원으로 이루어지고 있다. 또한, 미국은 매년 약 2만여 명의 전문 진화인력을 양성하여 활용하고 있는데, 산불 전문 진화대원은 교육과 훈련을 이수한 후에 산불 현장에 투입된다(Yang, 2017).

호주 사례

호주의 산림면적은 약 164백만ha으로 국토의 약 21%를 차지하고 있다. 세계평균 0.6ha과 비교하면 1인당 산림면적은 8.2ha로 상당히 높은 수치이다. 호주의 산림 소유는 토지임차권을 부여하며, 개인이 관리하는 임차림이 46%로 가장 높게 나타났다. 그다음은 개인소유 사유림 24%, 국유림, 환경보호를 위한 공식 보호구역인 천연보호림 13%, 다양한 목적의 국유림 8%, 목재수확, 수원보전, 휴양 등 다목적산림 7%, 기타 2% 순이다(Park, 2008).

호주는 폭염, 폭풍, 홍수 등과 같은 자연재난이 지속되고 있으며 10여 년간 이어진 가뭄과 이상고온 현상으로 여러 건의 산불이 발생하였다. 시민들은 긴급구조대와 복구 지원비에 의존하고 있으며, 비상사태 전문가들은 대도시의 거주자들이 재난에 대처할 준비가 부족해 피해가 확산하고 있다고 보도하였다. 2019년 시드니에서 발생한 초대형 산불로 대기질 지수가 1,000 이상의 값이 지속되었다. 대기질 지수가 400 이상이면 '건강우려 수준'인데, 이는 최고 심각 단계에 해당하는 것으로 대형 산불로 인한 대기오염이 심각한 상황에 부닥쳐 있다.

호주는 미국과 같이 연방제도로 운영하고 있으며, 중앙 정부와 주 정부, 지역 정부 간의 권력과 책임 및 역할 분담이 비교적 명확하다. 이러한 연방제도로 인해 한국과의 재난관리 시스템과는 큰 차이가 있다. 다시 말해 재난 발생 시 즉각적이고 일차적인 대응과 관리는 주 정부의 소관이다. 재난이 발생한 지역의 지역 정부 또한 재난관리의 책무가 발생하지만, 주 정부와 협의의 통해 이뤄진다. 이러한 체계는 재난 현장에 대한 접근성과 대응의 적시성을 위한 효과적인 대응체계라 할 수 있다. 그러나 재해의 규모가 크고 심각할 경우, 주 정부의 관리 역량만으로 감당할 수 없을 수 있을 때는 중앙 정부와 각 지방 정부를 포함한 국가 재난관리체계를 구축 운영하고 있다.

산불관리는 담당 구역별로 담당하는데, 소방청은 도시 지역, 국립공원관리공단은 국립공원, 산림청은 원시림이나 사유지, 산불관리청은 그 외의 농촌지역에서 발생한 산불에 대한 예방 및 대응 업무를 책임지고 있다. 산불 신고접수 시 담당 구역별로 해당 기관에서 초기 대응하며 대형 산불로 확산할 경우, 산불관리청 통합상황실을 중심으로 '산불조정위원회'를 구성하여 일원화된 현장지휘체계를 구축한다. 산불조정위원회는 산불관리청, 소방청, 산림청, 경찰청, 환경부, 국립공원관리공단에서 파견된 인원으로 위원이 구성되며, 산불관리청을 중심으로 유기적인 협조와 정보공유가 가능하도록 상황관리 중심의 중앙집중형 구조를 갖추고 있다(Kwon, 2020).

또한, 연방정부 내에서 재난관리 책임은 국방성에 있으며, 세부적인 재난관리 업무는 국방성의 산하기관인 호주 비상관리 기관(Emergency Management Australia : EMA)에서 담당하고 있다. EMA는 자연 및 사회재난으로 인하여 피해 경감 업무와 재난 시 연방 정부기관 간의 역할을 조정할 권한을 가진다.

호주의 전문인력 관리에 관한 측면은 다음과 같다. 산불 발생이 잦은 호주는 진화대원이 7시간 근무하면 반드시 쉬도록 하는 의무적 교대시스템을 적용하고 있다. 그러나 교대시스템만으로 방대한 국토를 관리하기 어려워 민간인 자원봉사자와의 협력 체계를 활용하고 있다. 호주의 각 주에는 주재난관리센터(The State Emergency Operation Centre : SEOC)가 있는데, 대다수가 자원봉사자에 의해 운영되고 있다. 센터에서는 재해구호 봉사자들이 화재진압 능력을 갖추기 위해 20여 개 이상의

자격 과정과 리더십, 전문적 작업 기술 등의 상시적 교육훈련 프로그램을 제공하고 있다. 교육이수자에게만 자격증을 부여하고 있으며, 이러한 자격증 제도는 재해구호의 영역별로 구분되고 그 해당 영역별 교육이수자만이 그 영역의 자원봉사를 하도록 규제하고 있다. 더불어 자원봉사자 우수 인력에 대한 사후관리 및 진로의 보장도 열려있다. 자원봉사자들은 호주 전역을 통해 화재 진압기관들과 긴밀한 관계를 맺으며, 화재 진압 기술과 훈련의 더 나은 방법을 연구한다. 이처럼 호주의 재난관리 시스템에서 민간 부분은 매우 중요한 핵심 역할을 담당한다. 재난관리의 핵심은 재난 발생 초기에 대량의 구호자원을 긴급하게 투입하고 피해확산을 막아 피해 규모를 줄이는 것이다.

국외 사례 시사점

미국은 전 세계적으로 산불이 가장 많이 발생하는 국가로, 관련 정책 마련, 기관 설립, 대응체계 구축의 필요성을 인지하고 있다. 이에, 산불 대응역량 강화를 위해 진화 인력 및 장비에 큰 예산을 지원하고 있다. 국내에서는 산불 예방 및 대응과 관련된 연구가 단편적으로 이루어져 향후 국가적인 차원에서 종합적이고 장기적 연구가 진행될 필요가 있다. 국가적 산불관리는 7개 기관으로 구성된 국립 기관협력 소방센터에서 담당하고 있으며, 산불진화대원은 매년 약 2만여 명의 전문인력을 양성하여 활용하는데, 이들은 교육 및 훈련을 이수한 후에 산불 현장에 투입된다.

호주는 산불관리청에서 산불 발생 시 통제 관리하며, 관계기관과의 협조 공조 체제 구축하여 산불관리를 효과적으로 하고 있다. 매우 넓은 국토 면적을 관리하기엔 한계가 있어 자원봉사자 전문 교육과정을 운영하여 인력을 양성하고 우수 인력에 대한 사후관리 및 진로의 보장도 열려있다. 호주는 민간기관의 역할이 필수라고 인식할 만큼 공공기관과의 협력 체계가 잘 구축되어 있지만, 국내에서는 재난 발생 시 구호 과정에서 지자체와 대한적십자사 및 전국재해구호협회 등의 민간기관과의 공조 체계가 미흡한 점이 있다. 다시 말해 공공 및 민간기관 간의 상호 협조체계 구축 미비는 적재적소의 재해구호가 신속히 이루어져야 할 때 업무가 지연되는 한계점이 되었다. 대한적십자사와 전국재해구호협회의 역할과 기능이 중복되는 경우가 있어 효율성 측면에서도 문제점으로 지적된다. 두 기관에서 자원봉사자에게 재해구호 전문인력 양성 교육프로그램을 진행하고 있으나, 자원봉사에 관한 의식이 부족하여 교육참여자가 적은 편이다. 더불어 현장 경험과 관련 이론적 지식이 풍부한 강사진도 부족한 실정이다. 더불어 의무적 교대시스템은 진화인력의 근무 처우에도 큰 개선방안이 될 것이다.

한편, 산불 현장 대응체계의 일원화가 되지 못한 국내 상황과 달리 미국과 호주는 기관별 협력 체계가 잘 구축되어 있다. 이

Table 4. Comparison of forest fire extinguishing system by country

구분	한국	미국	호주
진화책임	산림청, 지자체	산림부서의 전문진화대	소방청(도시지역), 산불관리청(농촌지역), 국립공원관리공단(국립공원), 산림청(원시림, 주유지)
관련예산	국고지원	주 예산 활용, 대원 급여	- 주정부, 지방정부 재원 - 70% 보험으로 충당
진화인력	- 산림청, 산불진화대, 소방공무원, 군인 등이 담당 - 복구단계에서만 자원봉사자 참여	- 전문진화대 운영 - 교육 및 훈련 후 현장 투입	- 자원봉사자 활용 - 영역별 교육이수자만 그 영역에 자원봉사 가능
특징	부처 간 이원화	기관별 협력 체계 구축	- 기관별 협력 체계 구축 - 진화대원 의무적 교대시스템 운영

는 산불 발생 시 다원화되어 있는 체계를 일원화한 것은 산불 대응에 효율적인 체계라 할 수 있다. Table 4는 미국과 호주 사례와 우리나라의 산불 관련 체계를 비교한 표이다.

산불사고 안전관리 개선방안

대응체계 측면

첫 번째, 산불의 연중화, 대형화 추세를 고려하여 예산 규모를 확대 편성하고, 진화 관련 지원비를 신속하게 집행하여야 한다. 또한, 예산에 소방 대형헬기 구입비와 유지관리비도 추가하여야 할 것이다. 전국 총 5대박에 없어 소방 대형헬기가 없는 권역의 재난 대응은 취약해질 수밖에 없는 상황이다. 따라서 국비로 소방 대형헬기를 추가 도입하여 산불발생위험도에 따른 지역 간 격차를 보완하는 것이 현실적인 대안이 될 것이다.

두 번째, 산불화재 현장 경험이 거의 없는 시·도지사, 시장·군수·구청장에게 산불진압의 책임을 주어 많은 한계가 발생할 수 있다. 이러한 지휘부의 이원화 및 상호 정보공유 부재는 효율성을 상실할 수 있기에, 대응체계를 일원화할 수 있도록 제도를 개선해야 한다. 또한, 「산림보호법」에 따라 산불 진화 현장 지휘에 관한 규정은 있지만, 기준과 절차가 미흡하고 강제조치권이 없어 실제적인 현장 지휘에 어려움이 있다. 따라서 산불 진화에 더욱 체계적으로 대응할 수 있는 보다 전문적이고 현장 중심의 지휘체계 마련이 필요하다.

세 번째, 4차 산업 시대에 많이 거론되는 키워드인 ‘Bigdata’를 활용하는 것이다. 현재 국내에서는 산림청 국가산불위험예보시스템(<http://forestfire.nifos.go.kr/main.action>)으로 전국 기상 변화 정보와 임상, 지형요인 등의 빅데이터를 분석하여 산불위험정보를 제공하고 있다. 또한, 소방청 국가화재정보시스템(<https://www.nfds.go.kr/>)에서 화재의 유형, 발화열원, 발화요인 등 화재 관련 통계를 제공하고 있다(Lee et al., 2022). 현재 이러한 정보들은 이원화되어 있어 각 행정기관과 지자체에서 별도 관리하고 있는데, 효율적인 재난 대응을 위하여 앞서 살펴본 국외 사례와 같이 통합시스템을 구축할 필요가 있다. 이를 활용하기 위해서는 모니터링 플랫폼을 구축하여 실시간으로 기상청의 기후정보, 산림청의 산림 생태계 정보, 해외의 대응 사례 등을 종합적으로 얻을 수 있도록 해야 한다.

네 번째, 산불 원인별 발생 요인을 사전에 차단하려는 관리방안을 마련하고, 관련 추진계획을 수립해야 할 것이다. 먼저 입산객 관리, 인화물질 사전 제거, 소각행위 단속 등을 강화하고, 지역주민 대상의 산불 예방 및 대응에 관한 적극적인 교육과 홍보를 시행해야 한다. 2013년 산불방지 교육 경험 여부에 관한 통계에 의하면 교육 경험이 ‘있다’가 74%, ‘없다’가 26%로 나타났다. 이렇게 교육을 받았음에도 불구하고 산불이 줄지 않고 있다는 것은 주민의 의식에 큰 영향을 주지 못했다는 의미이다(Jeon, 2013). 이에 지속적이고 체계적인 교육프로그램이 필요하며, 신속한 주민대피를 위한 모의훈련도 진행해야 할 것이다. 또한, 2014년 등산객 인식조사 결과에 의하면, 효과적인 산불 예방을 위한 정책 중 등산 문화를 개선하기 위한 홍보가 46.6%로 가장 효과적으로 나타났다. 추가로 사각지대 CCTV 설치, 등산객 인화물질 검사의 강화, 쓰레기통 없애기 등을 통한 많은 홍보와 감시인력 추가배치 등의 의견이 있었다(Jung et al., 2014). 즉, 등산 문화를 개선하여 산불 방지에 관한 인식을 개선해야 할 것이다.

전문인력 측면

첫 번째, ‘헬기 진화 역량 강화’는 2020년 산불방지 주요 시책에도 포함되어 있으며, Bae et al.(2012)의 연구 내용 중 헬기

조종사 대상 산불 진화 시 공중진화의 효과에 관한 설문에 의하면, ‘그렇다’ 10%, ‘매우 그렇다’가 88%로 응답하였다. 이처럼 산불 진화에 있어 헬기는 아주 유용하지만 야간 시간대에는 운행이 어려운 단점이 있다. 이에, 산불 예방을 위한 무인기 활용 기술에 관한 연구가 진행되고 있으며, 산림 인접 지역에서의 소각행위를 탐지하고 산불 발생 시 소화탄을 탑재 및 투하하여 예방 및 대응 활동을 위한 내용이다. 이러한 기술은 초기 단계로 관련 지침과 예산 확보, 전문인력 양성 등의 중장기 추진 전략이 필요하다. 특히, 전문인력 양성은 관련 교육 및 훈련 프로그램 개발과 함께 진행되어야 할 것이다.

두 번째, 헬기와 더불어 진화 드론을 조정할 전문 인력 양성에도 주력해야 한다. 현재 드론 교육기관은 주로 민간에서 이뤄지고 있는데 산림보호, 산불 예방 및 진화 등의 전문기술을 익힐 수 있도록 국가적인 차원에서 예산을 편성하고 교육프로그램을 개발해야 할 것이다. 또한, 산불은 바람에 영향을 많이 받기 때문에 진화 활동이 어려우므로 급변하는 기상 상황 등에 맞춘 진화 훈련 시뮬레이션을 통해 진화인력의 대응력을 향상할 수 있도록 다양한 프로그램을 개발해야 한다.

산불, 산림, 기상 등 관련 분야의 연구는 미흡한 상황이며 관련 전문가도 턱없이 부족하다. 이에 세 번째는 국가적인 차원에서 종합적이고 장기적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 산불의 양상은 과거와는 다르게 발생하고 있으며, 과거의 관련 통계와 자료를 기반으로 대응하는 것은 부족하다. 이제는 초대형 산불을 준비하고, 대응할 시스템과 전문가가 필요하다. 따라서 이와 관련한 예산과 인력, 장비 구축 마련이 시급하다.

마지막으로 민간과의 협력 체계를 구축하여 자원봉사자의 활용 범위를 넓히는 것이다. 현재는 재해구호 전문인력 양성 교육과정은 민간기관에서 운영 중이나, 교육과정 홍보가 미흡하고 참여도가 낮은 편이다. 또한, 재난 이후 복구 단계에서의 지원만 수행하고 있을 뿐 대비·대응 단계에서의 역할은 미흡하다. 국외 사례와 같이 이들에 대한 처우 개선과 맞춤형 교육프로그램 개발이 우선시되어야 한다. 산불전문 진화인력만으로는 운영이 어려운 상황이라 민간과의 협력 체계는 더욱 시급하다 할 수 있다.

결론

본 연구에서는 현재 산불사고 현황을 살펴보고, 국내외 산불 안전관리에 관해 고찰하였다. 이러한 고찰분석의 결과를 바탕으로 산불사고 안전관리 개선방안을 대응체계와 전문인력 관리 측면으로 구분하였다.

2021년 9월 산림청은 4차 산업 핵심기술을 적용한 기술개발로 산불 예방 및 현장 대응체계를 더욱 고도화할 계획이라고 발표했다. ‘스마트 산림재해업’을 제공 예정이며 ‘진화자원 배치 의사결정지원시스템’을 개발 중이라 하였다. 또한, 공중과 지상 진화인력의 역량 강화와 선제적 산불 예방 체계 마련 계획도 수립 예정이라 발표하였다. 이러한 다양한 계획이 계획에서 끝나는 것이 아니라 시행 및 운영되길 바라며, 본 연구에서 제시한 각 측면의 개선방안 역시도 산불 대응 현장에 적용되길 바란다. 더불어 본 연구결과가 향후 관련 연구 분야에 기초자료로 활용되기를 기대한다.

References

- [1] Bae, T.-H., Lee, S.-Y. (2012). “A study on the recognition of effectiveness and safety of the helicopter aerial fire attack.” *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 97-104.
- [2] Barrett, K., Loboda, T., McGuire, A.D., Genet, H., Hoy, E., Kasischke, E. (2016). “Static and dynamic controls on fire activity at moderate spatial and temporal scales in the Alaskan boreal forest.” *Ecosphere*, Vol. 7, No. 11, e01572.

- [3] Jeon, S.-Y. (2013). A Study on the Awareness of Local Residents on the Need for Forest Fire Prevention Education: Focused on Samcheok City. Master's Theses, Department of Disaster Prevention, Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University.
- [4] Joo, Y.-K. (2022). A Study on the Problems and Improvement by Analyzing the Disastrous Large-scale Forest Fire Response System- Focused on Simultaneous Forest Fires along the East Coast of Gangwon-do province. Ph.D. Dissertation, Department of Fire Service Administration Graduate School of Wonkwang University.
- [5] Jung, S.-C, Nam, S.-H, Seo, Y.-O, Koo, K. -S, Lee, S. -Y. (2014). "Research of climbers realization about forest fire prevention policy." *Journal of Agriculture & Life Science*. Vol. 48, No.2, pp.39-50.
- [6] Kim, S.-Y. (2015). A Study on the Analysis of Fuel Characteristics for Forest Fire Hazard Assessment." Ph.D. Dissertation, Graduate School of Kongju National University.
- [7] Kim, T.-H. (2021). Correction of Forest Fire Occurrence Distribution and Analysis of Temporal Characteristics." Master's Theses, KyungHee Univesity Graduate School.
- [8] Kwon, C.-G., Kim, S.-Y., Seo, K.-W. (2020). Forest Fire Management in Australia. *National Institute of Forest Science, International Forest Policy Topics*, Vol. 90. ISSN 2288-4815, Korea.
- [9] Lee, J.-H, Park, M.-S, Jung, D-K, Park, S-H. (2020). "A study on wildfire disaster response based on cases of international disaster safety management systems." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 40, No. 3, pp.345-352.
- [10] Lee, K.-S, Kim, T.-H, Lee, J.-O. (2022). "Analysis of fire occurrence characteristics according to ignition heat sources." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 18, No. 2, pp. 280-289.
- [11] Ministry of Science and ICT (2002). Recovery and Protection of Marine Ecosystem from Forest Fire.
- [12] Ministry of the Interior and Safety (2020). 2020 Disaster Yearbook.
- [13] National Forest Service. (2020). Statistical Yearbook of Wildfires.
- [14] Park, J.-Y. (2008). A Study on the Forest-Fire Risk management: The case of Sung-Ju Gun. Master's Theses, Graduate School of Public Administration, Kyungpook National University.
- [15] Park, K.-J, Kim, H.-R, Lee, B.-W, Park, S.-Y. (2020). "A study to prevent the forest fire in forest facilities and forests." *Journal of Korea Society of Industry Convergence*, Vol. 23, No. 2, pp. 301-306.
- [16] Yang, C.-G. (2017). Study of Improvement Plan of Forest Fire Response System in Korea: To firefighting-centered forest fire extinction system. Master's Theses, Seoul National University Graduate School of Urban Science.
- [17] Yeom, C.-H, Lee, S.-Y, Park, H.-S, Kwon, C.-G. (2019). "A study on facilities damage characteristics caused by forest fire in Goseong-Gun." *Journal of the Society of Disaster Information* Vol. 15, No. 4, pp. 469-478.
- [18] e-Country indicators. https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1309.
- [19] <http://www.119news.net/news/articleView.html?idxno=7038>.
- [20] <https://www.korea.kr/news/policyBriefingView.do?newsId=156470061>.
- [21] <https://6mmhhj.tistory.com>.