



WP 22-21

산불 예방·대응·복구 단계별 특성을 고려한 지역유형별 지원방안

홍나은 국토환경·자원연구본부 연구원 (nehong@krihs.re.kr)



※ 이 Working Paper의 내용은 국토연구원의 공식 견해가 아니며, 저자 개인의 의견입니다. 연구 내용에 대하여 궁금한 점은 저자의 이메일로 문의하여 주시고, 인용 시에는 저자 및 출처를 반드시 밝혀주시기 바랍니다.

차례

01 서론	05
02 산불 발생 및 피해 현황	09
03 산불 예방·대응·복구 단계별 지역 유형화	25
04 산불 예방·대응·복구 단계별 정책 지원방안	47
05 결론	59

01 서론

1) 연구의 배경 및 목적

- 기후변화 등의 원인으로 인하여 최근 전 세계적으로 초대형 산불이 자주 발생함에 따라 산불이 국제적 재난으로 부각(산림청 2022a)
- 또한, 우리나라도 연평균(2009~2018년 평균) 432건의 산불이 발생하여 약 670ha의 산림 소실이 발생했으며(산림청 2022a), 인근 거주민들에게까지 미치는 피해가 막대한 상황
 - 강원도 양양 등을 포함하여 2022년 다수 발생한 산불로 대규모 산림자원이 유실되었을 뿐 아니라, 인근 거주민들의 재산 및 인명 피해가 막대한 상황
 - 산불은 대표적인 산림 재해 중 하나로서 생물다양성 감소, 목재 등 임산물의 손실, 관광객 감소 등 생태학적·경제적·사회적인 측면에 다양한 영향을 미침(김문일 외 2011)
- 윤석열 정부 국정과제 70. 농산촌 지원강화 및 성장환경 조성에서 과제목표 중 하나로 ‘산림 재해 대응역량 강화 및 산림자원의 효율적 관리’를 제시함에 따라 산불 대응 및 복구에 대한 지원 필요성을 인지(제20대 대통령직인수위원회 2022)
 - 주요 내용으로는 산림자원과 관련하여 초대형 헬기, 고성능 진화차 등 재해대응 첨단장비를 확보하고, 산림공간 디지털 플랫폼 구현 및 공공건축 목재활용 촉진을 제시
 - 또한, 임업인 및 산림복지와 관련해서는 임업 직불금 및 임산물 재해보험 확대, 산촌진흥 특화사업 추진 및 임산물 활용 신소재 연구, 산림바이오 산업 육성 등을 제시
- 산불의 발생과 행동, 확산을 예측하여 산불로 인한 피해를 줄이기 위해서는 지역별, 시기별 산불 발생 경향을 세부적으로 분석하고, 각 지역의 특성에 맞춰 효율적인 산불 관리체계 구축이 필요(배미란·채희문 2019)
 - 우리나라 산불은 그간 사회적·정책적 변화에 따른 산림 여건과 시대적인 기상변화에 따라 산불 발생 건수와 피해 면적 등이 다양하게 변화(이명욱 외 2012)

■ 산불을 효율적으로 예방 및 관리하기 위해서는 지역별 산불 특성에 대한 이해가 필요하며, 지역적 특성은 산불 관리 단위인 시·군·구로 분석하는 것이 일반적임(이병두·이명보 2009)

- 산불 발생의 공간적 분포는 인간 활동과 큰 관련성이 있기 때문에 지역별 군집 형태와 강한 공간적 상관성을 갖고 있음(곽한빈 외 2010)

■ 이 페이퍼에서는 시·군·구 단위의 산불 발생 및 피해 특성을 파악하고, 지역유형별 지원방안을 제시하여 효율적인 산불 관리를 도모

- 우리나라의 산불 진화체계는 최근까지 계속 개선되고 있지만, 국내 산불 발생 원인에 대한 지역적 차이와 현황에 관한 연구는 미비한 실정(배미란·채희문 2019)
- 산불의 지역적 특성을 유형화하고 그 특성에 영향을 미치는 인자들을 규명함으로써 효율적인 산불 관리를 도모할 수 있음(이병두·이명보 2009)

2) 연구의 범위 및 방법

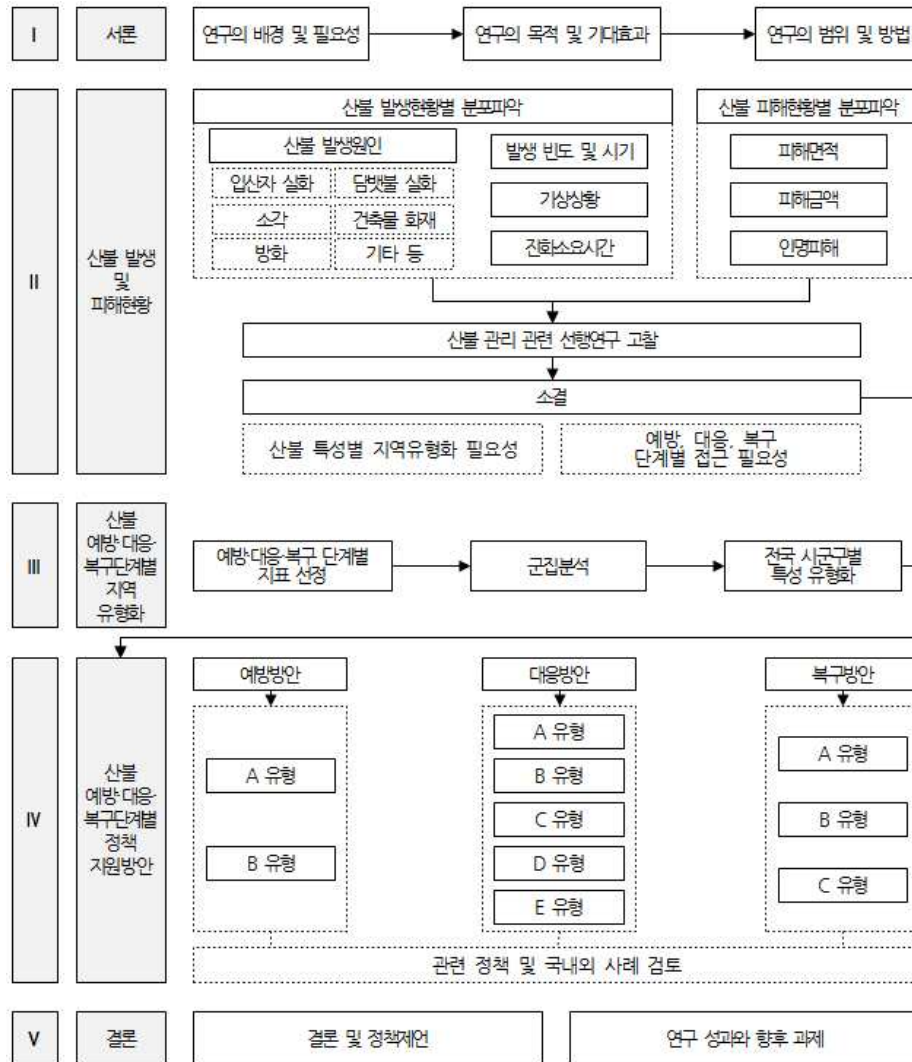
■ 연구의 범위

- (시간적 범위) 2011~2021년까지 최근 10년을 연구의 범위로 설정
- (공간적 범위) 전국 시군구를 대상으로 설정

■ 연구의 방법

- 첫째, 전국 산불 발생 현황 및 피해 현황을 시군구 단위로 파악하여 비교
- 둘째, 산불 예방·대응·복구 단계별 산불 관련 특성에 따른 지역별 유형을 구분
- 셋째, 산불 예방·대응·복구 단계별 유형화된 지역에 적합한 정책 지원방안을 제시

그림 1 연구 흐름도



출처: 저자 작성.

02 산불 발생 및 피해 현황

1) 산불 발생 현황

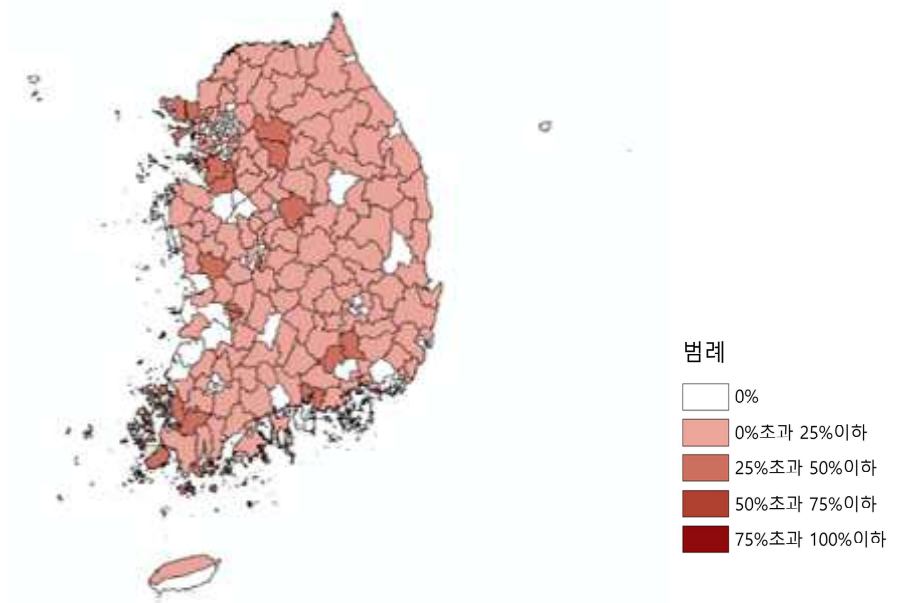
■ 발생원인

- 최근 10년(2012~2021년)간 전국에서 발생한 산불의 발생 원인은 입산자 실화, 논·밭두렁 소각, 쓰레기 소각, 담뱃불 실화, 성묘객 실화, 어린이 불장난, 건축물 화재, 방화, 기타 총 9개 유형으로 분류됨
 - 산림청의 산불피해대장에 기록된 최근 10년간(2012~2021년) 산불 발생원인 자료를 근거로 9개 유형별 발생 건수를 활용
- 2012~2021년간 전국에서 발생한 산불 발생원인 유형별 비중은 입산자 실화(33.4%), 기타(24.0%), 논·밭두렁 소각(13.8%), 쓰레기 소각(13.3%), 건축물 화재(5.3%), 담뱃불 실화(5.4%), 성묘객 실화(3.1%), 방화(1.3%), 어린이 불장난(0.4%) 순으로 나타남(〈그림 2〉 참고)
 - 산불 발생원인 유형별 비중이 가장 높은 입산자 실화만 대표적으로 살펴보면, 발생 건수가 가장 많은 지역은 강원 홍천군(51건)이며, 지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역¹⁾은 서울 성북구(1건), 대구 남구(7건), 대구 달서구(4건)로 나타남

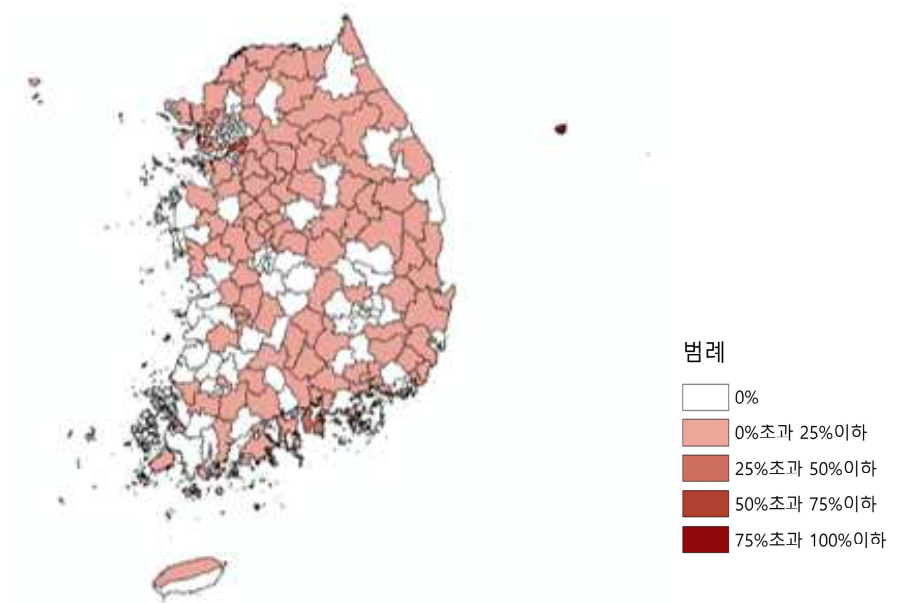
1) 이 페이지에서 '지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역'이란 한 지역에서 발생한 모든 산불 건수에 대한 원인이 단 하나의 발생원인으로 규명된 것으로 정의함. 예를 들어, 대구 남구에서 발생한 7건의 산불 발생원인이 모두 '입산자 실화'에 의한 것일 때 이 페이지에서는 입산자 실화에 대하여 지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역에 대구 남구가 속함을 나타냄.

그림 2 2012~2021년(10년간) 산불 발생 원인별 비중 현황 (계속)

쓰레기 소각



담뱃불 실화

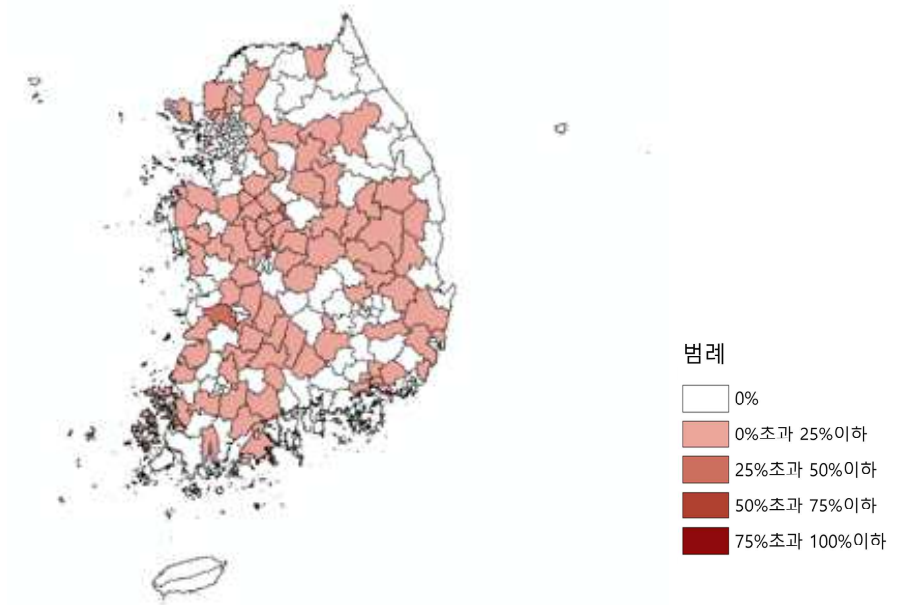


주: 이 페이지에서 '지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역'이란 한 지역에서 발생한 모든 산불 건수에 대한 원인이 단 하나의 발생원인으로 규명된 것으로 정의함. 예를 들어, OO구에서 발생한 3건의 산불 발생원인이 모두 '입산자 실화'에 의한 것일 때 이 페이지에서는 입산자 실화에 대하여 지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역에 OO구가 속함을 나타냄.

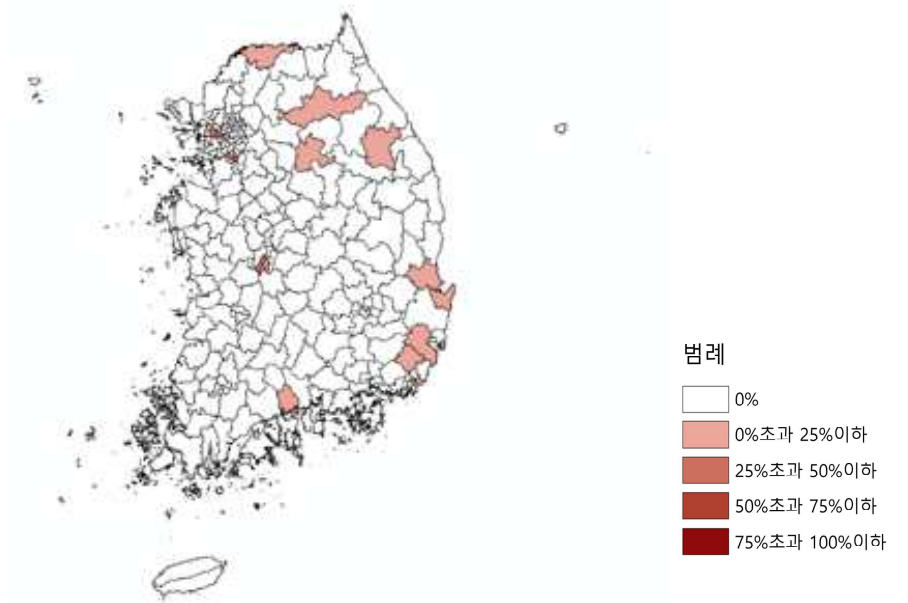
출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

그림 2 2012~2021년(10년간) 산불 발생 원인별 비중 현황 (계속)

성묘객 실화



어린이 불장난

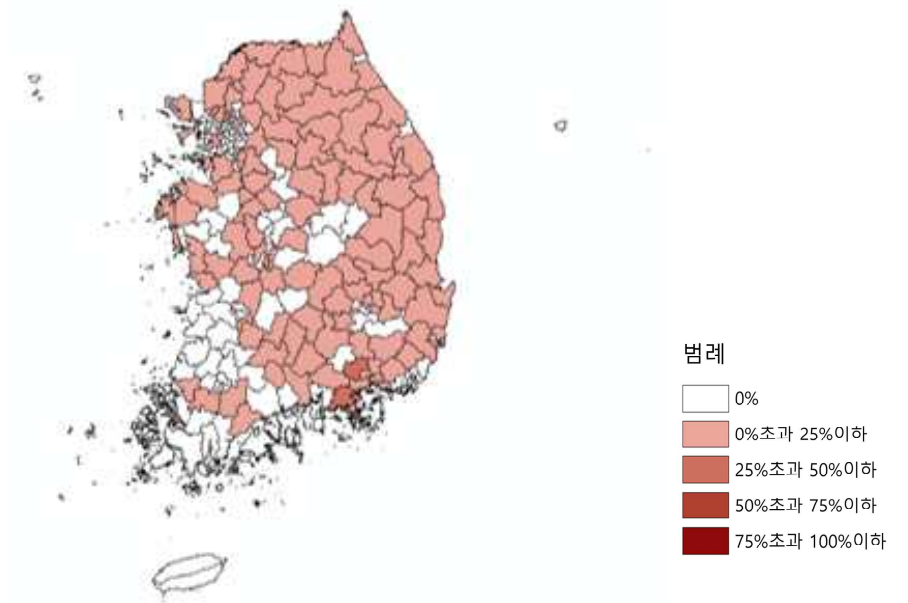


주: 이 페이지에서 '지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역'이란 한 지역에서 발생한 모든 산불 건수에 대한 원인이 단 하나의 발생원인으로 규명된 것으로 정의함. 예를 들어, OO구에서 발생한 3건의 산불 발생원인이 모두 '입산자 실화'에 의한 것일 때 이 페이지에서는 입산자 실화에 대하여 지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역에 OO구가 속함을 나타냄.

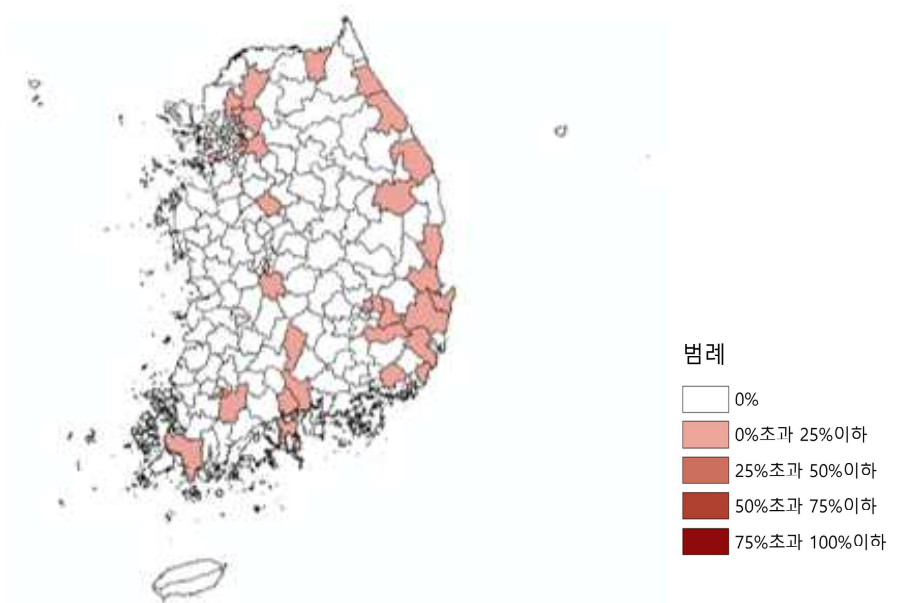
출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

그림 2 2012~2021년(10년간) 산불 발생 원인별 비중 현황 (계속)

건축물 화재



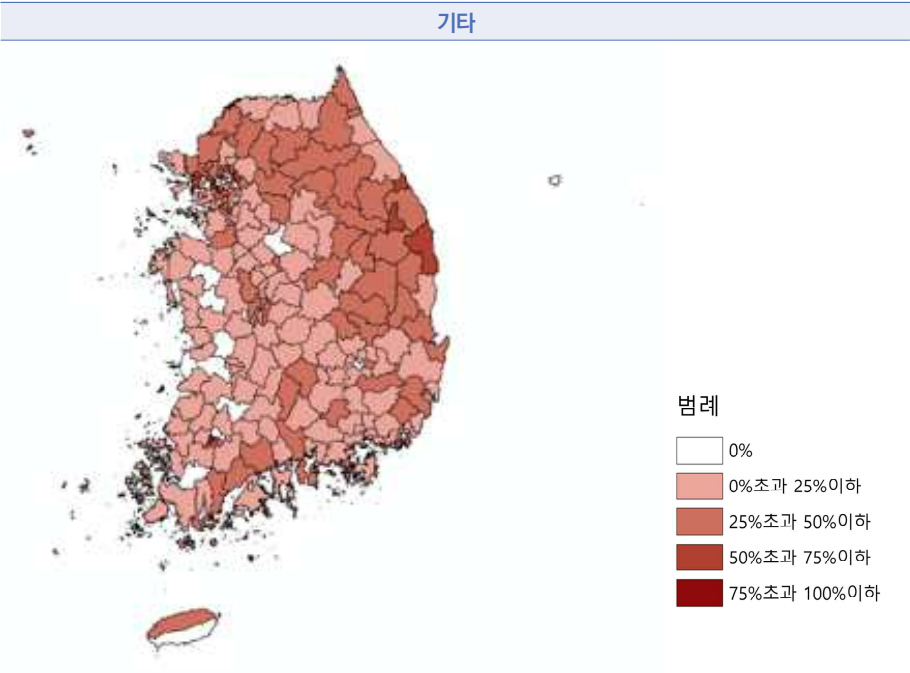
방화



주: 이 페이지에서 '지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역'이란 한 지역에서 발생한 모든 산불 건수에 대한 원인이 단 하나의 발생원인으로 규명된 것으로 정의함. 예를 들어, OO구에서 발생한 3건의 산불 발생원인이 모두 '입산자 실화'에 의한 것일 때 이 페이지에서는 입산자 실화에 대하여 지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역에 OO구가 속함을 나타냄.

출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

그림 2 2012~2021년(10년간) 산불 발생 원인별 비중 현황 (계속)



주: 이 페이지에서 '지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역'이란 한 지역에서 발생한 모든 산불 건수에 대한 원인이 단 하나의 발생원인으로 규명된 것으로 정의함. 예를 들어, OO구에서 발생한 3건의 산불 발생원인이 모두 '입산자 실화'에 의한 것일 때 이 페이지에서는 입산자 실화에 대하여 지자체별 해당 발생비율이 100%인 지역에 OO구가 속함을 나타냄.

출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

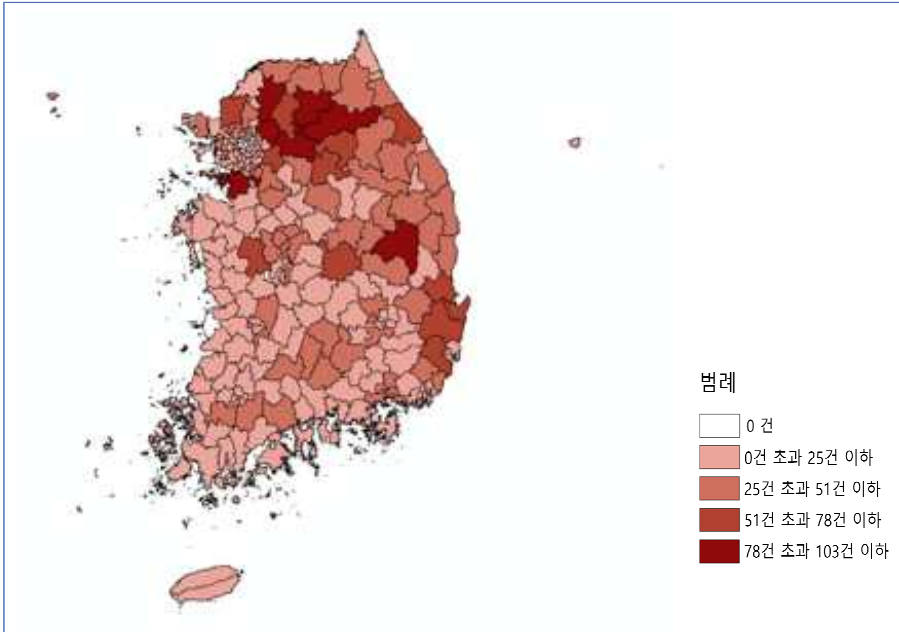
■ 빈도 및 시기

- 2012~2021년간 전국에서 발생한 산불빈도는 강원도 홍천군(총 103건 발생), 강원도 춘천시(총 101건), 경기도 양평군(총 98건), 경기도 화성시(총 95건), 경기도 남양주시(총 93건), 경상북도 안동시(총 82건) 순으로 가장 높게 나타남(〈그림3〉 참고)
- 2012~2021년 최근 10년간 시기별 산불 발생 건수로는 봄철(3·4·5월) 경기도 양평군 및 강원도 홍천군(총 66건), 여름철(6·7·8월) 강원도 춘천시(총 17건), 가을철(9·10·11월) 경기도 양평군(총 12건), 겨울철(12·1·2월) 울산광역시 울주군(총 30건)이 가장 높게 나타남
- 연도별 산불 발생 빈도가 가장 높게 나타난 상위지역은 〈표 1〉과 같음

표 1 연도별 산불 발생 상위 3곳

2012년		2013년		2014년		2015년		2016년	
지역명	건수	지역명	건수	지역명	건수	지역명	건수	지역명	건수
강원 홍천군	9	울산 울주군	10	경북 상주시	13	경기 남양주시	17	경기 광주시	14
강원 춘천시	5	강원 춘천시	9	경북 안동시	12	강원 강릉시	17	경기 가평군	12
강원 원주시	5	전북 완주군	9	전남 화순군	11	경기 포천시	16	강원 춘천시	12
충북 옥천군	5	(이하생략)	-	경북 영주시	11	강원 홍천군	16	(이하생략)	-
경북 안동시	5	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-
경남 양산시	5	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-
2017년		2018년		2019년		2020년		2021년	
지역명	건수	지역명	건수	지역명	건수	지역명	건수	지역명	건수
경기 화성시	30	충남 공주시	12	경기 남양주시	17	경기 남양주시	20	경기 양평군	10
경기 양평군	25	경북 상주시	12	경기 양평군	16	경기 파주시	20	강원 홍천군	9
강원 홍천군	17	경남 합천군	12	경북 포항시	15	강원 홍천군	16	울산 울주군	8
(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-	경기 파주시	8

출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

그림 3 2012~2021년(10년간) 산불빈도 현황

출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

■ 산불 진화 소요시간

- 2012~2021년간 전국에서 발생한 연도별 평균 산불 진화 소요시간은 최소 1시간 15분에서 최대 2시간 57분 정도 걸리는 것으로 나타났으며, 전체 연평균 산불 진화 소요시간은 약 2시간 3분으로 나타남(산림청 2022b의 내용 재정리)
- 최근 5년간 산불 진화 평균 소요시간이 가장 긴 지역은 2017년 강원도 삼척시(12시간 29분), 2018년 경기도 용인시(17시간 47분), 2019년 전라북도 무주군(12시간 13분), 2020년 강원도 고성군(12시간 50분), 2021년 충청남도 논산시(21시간 46분)로 나타남
 - 연평균 산불 진화 소요시간과 비교했을 때 상당히 규모가 큰 산불이 발생했었음을 파악할 수 있음

표 2 연도별 평균 진화 소요시간 상위 5곳

2017년		2018년		2019년		2020년		2021년	
지역명	평균 시간	지역명	평균 시간	지역명	평균 시간	지역명	평균 시간	지역명	평균 시간
강원 삼척시	12:29	경기 용인시	17:47	전북 무주군	12:13	강원 고성군	12:50	충남 논산시	21:46
울산 북구	08:07	강원 고성군	15:41	경남 함안군	08:13	전북 장수군	07:21	강원 양구군	19:04
전남 고흥군	07:32	대구 수성구	11:06	경북 영덕군	07:12	경남 함양군	07:13	대전 동구	13:30
경기 오산시	07:10	부산 기장군	09:44	경남 김해시	07:12	강원 삼척시	07:06	강원 정선군	10:25
서울 노원구	06:55	경기 안양시	09:06	강원 고성군	06:42	전북 고창군	06:52	충북 영동군	09:34

출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

■ 기상 상황

- 산불과 관련한 기상 상황으로는 평균기온, 평균최고기온, , 평균풍속, 최대풍속, 평균 상대습도, 최소 상대습도, 월합강수량, 일최다강수량을 파악함
 - 데이터 취득 가능성을 고려하여 시간적 범위를 2019년으로 통일하였으며, 기상관측지점을 중심으로 지자체에 평균값을 적용하여 결과 표현
 - 산불과 관련한 기상 상황이기예 기온과 풍속은 값이 큰 순서로, 습도 및 강수량은 값이 낮은 순서로 현황을 파악함
- 특히, 산불 조심기간으로 알려진 봄철(3·4·5월)과 가을철(9·10·11월)을 중심으로 기온 및 풍속이 높고, 습도 및 강수량이 낮은 지역들을 파악함
- 2019년 봄·가을철 산불에 취약한 기상 상황이 가장 두드러지는 지역은 <표 3>, <표 4>와 같음

표 3 2019년 봄철 산불 관련 기상 상황

평균기온(℃)		평균최고기온(℃)		평균풍속(m/s)		최대풍속(m/s)	
지역명	값	지역명	값	지역명	값	지역명	값
제주 서귀포시	14.97	경남 밀양시	20.27	전남 신안군	5.63	전남 신안군	17.60
제주 제주시	14.50	대구 동구	20.17	인천 옹진군	4.83	인천 옹진군	17.30
경북 포항시	13.97	경북 구미시	20.17	경북 울릉군	4.10	강원 정선군	15.00
(이하생략)	-	(이하생략)	-	전남 여수시	4.10	(이하생략)	-
평균 상대습도(%)		최소 상대습도(%)		월합강수량(mm)		일최다강수량(mm)	
지역명	값	지역명	값	지역명	값	지역명	값
강원 원주시	51.33	광주광역시	6.00	대구 동구	31.67	대구 동구	15.17
충북 영동군	52.33	강원 영월군	7.33	충북 청주시	34.63	경북 의성군	15.63
충북 청주시	53.33	강원 원주시	7.67	경북 영천시	34.67	충남 홍성군	16.13

출처: 기상청 기상자료개방포털 2022. 종관기상관측(ASOS) 자료(<https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAsosRltmList.do?pgmNo=36>, 2022년 5월 26일 검색) 바탕으로 저자 재정리.

표 4 2019년 가을철 산불 관련 기상 상황

평균기온(℃)		평균최고기온(℃)		평균풍속(m/s)		최대풍속(m/s)	
지역명	값	지역명	값	지역명	값	지역명	값
제주 서귀포시	18.57	경남 양산시	22.13	전남 신안군	5.33	전남 신안군	18.87
제주 제주시	18.47	경남 김해시	21.90	전남 여주시	4.03	전남 여주시	16.77
전남 신안군	17.20	제주 서귀포시	21.83	인천 옹진군	3.87	부산광역시	15.00
전남 여주시	17.20	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-
부산광역시	17.20	(이하생략)	-	(이하생략)	-	(이하생략)	-
평균 상대습도(%)		최소 상대습도(%)		월합강수량(mm)		일최다강수량(mm)	
지역명	값	지역명	값	지역명	값	지역명	값
전남 광양시	59.67	강원 속초시	16.00	전남 신안군	35.50	전남 신안군	13.00
강원 속초시	60.67	강원 춘천시	16.00	경북 영주시	49.87	충북 제천시	19.57
강원 강릉시	61.00	경남 함양군	16.33	경북 문경시	52.83	경북 문경시	20.57

출처: 기상청 기상자료개방포털 2022. 종관기상관측(ASOS) 자료(<https://data.kma.go.kr/data/gmnd/selectAsosRltmList.do?pgmNo=36>, 2022년 5월 26일 검색) 바탕으로 저자 재정리.

2) 산불 피해 현황

■ 피해 면적

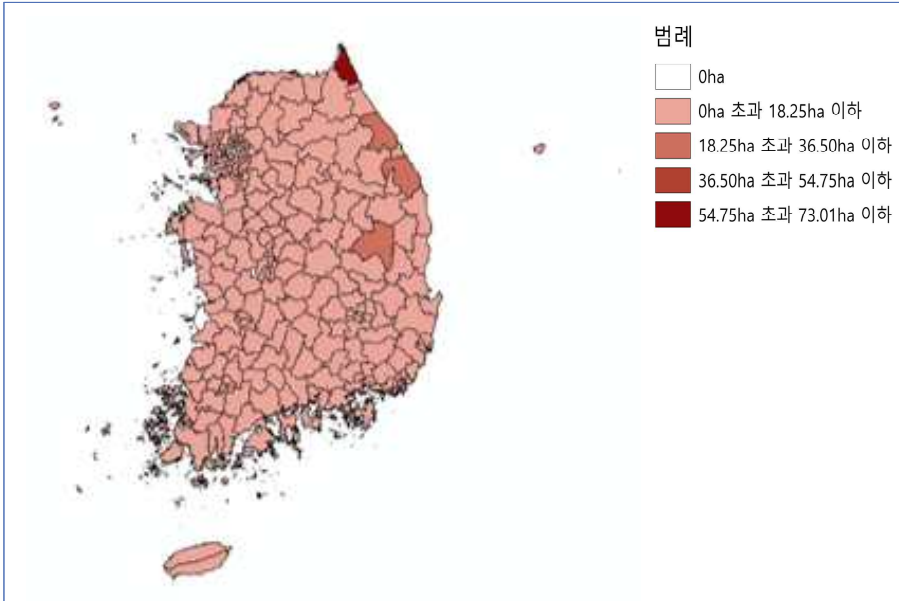
- 2012~2021년간 전국에서 발생한 산불 피해 면적 평균은 강원도 고성군(약 73.00ha), 강원도 강릉시(약 30.63ha), 경상북도 안동시(약 28.01ha), 강원도 삼척시(약 24.53ha), 울산광역시 울주군(약 12.58ha) 순으로 가장 높게 나타남
- 2012~2021년간 전국에서 발생한 산불 피해 면적(ha) 연도별 평균은 <표 5>와 같음

표 5 연도별 산불 평균 피해 면적

연도	산불 피해 면적(ha)	연도	산불 피해 면적(ha)
2012년	약 0.33	2017년	약 6.82
2013년	약 2.54	2018년	약 4.12
2014년	약 0.63	2019년	약 15.00
2015년	약 1.93	2020년	약 13.46
2016년	약 17.74	2021년	약 3.53

출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

그림 4 2012~2021년(10년간) 산불 평균 피해 면적 현황



출처: 산림청 2022b의 '예년(2011~2021) 산불피해대장' 바탕으로 저자 재정리.

- 최근 5년간 산불 피해 면적 평균이 가장 넓은 지역은 2017년 강원도 삼척시(약 382.61ha), 2018년 강원도 고성군(약 356.85ha), 2019년 강원도 고성군(약 253.62ha), 2020년 경상북도 안동시(약 141.23ha), 2021년 경상북도 예천군(약 57.00ha)으로 나타남
- 2012~2021년간 시기별 산불 피해 면적 평균으로는 봄철(3·4·5월) 강원도 고성군(약 94.26ha), 여름철(6·7·8월) 경상북도 성주군(약 12.14ha), 가을철(9·10·11월) 전라남도 진도군(약 1.56ha), 겨울철(12·1·2월) 충청북도 영동군(약 37.46ha)이 가장 넓은 피해 면적을 보임

■ 피해 금액

- 2012~2021년간 산불 피해 금액은 강원도(3,732,046천 원)가 가장 높게 나타났으며, 연평균 산불 피해 금액도 강원도(373,204천 원)가 가장 높게 나타남
 - 데이터 취득의 한계로 광역지자체 단위 데이터를 활용함

표 6 시도별 산불 피해 금액 총합 및 평균(2012~2021년)

(단위: 천원)

시도	피해 금액 총합	피해 금액 평균	시도	피해 금액 총합	피해 금액 평균
강원도	373,204,654	37,320,465	전라북도	3,177,102	317,710
경상북도	154,715,429	15,471,543	인천광역시	2,013,876	201,388
울산광역시	41,829,212	4,182,921	서울특별시	1,213,863	121,386
전라남도	25,853,634	2,585,363	대전광역시	1,002,466	100,247
경기도	16,489,756	1,648,976	세종특별자치시	952,542	95,254
부산광역시	9,850,329	985,033	대구광역시	709,182	70,918
경상남도	5,831,306	647,923	광주광역시	179,103	17,910
충청북도	3,940,313	394,031	제주특별자치도	169,548	56,516
충청남도	3,326,765	332,677	전국 계	644,459,080	64,550,261

출처: KOSIS 2022b. 산불피해 현황(https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=1368&tblId=TX_13601_A020&conn_path=13, 2022년 5월 26일 검색) 바탕으로 저자 재구성.

■ 인명피해

- 산불로 인한 인명피해는 사망자와 부상자의 합으로 계산하였으며, 데이터 취득의 한계로 광역지자체 단위의 데이터를 활용함
- 2012~2021년간 산불 인명피해는 경상북도(49명)가 가장 높게 나타났으며, 연평균 산불 인명피해도 경상북도(5명)가 가장 높게 나타남

표 7 시도별 산불 인명피해 누계 및 평균(2012~2021년)

(단위: 명)

시도	인명피해 누계	연평균 인명피해	시도	인명피해 누계	연평균 인명피해
경상북도	49	5	대전광역시	4	0
강원도	28	3	인천광역시	3	0
충청북도	12	1	세종특별자치시	3	0
전라남도	10	1	대구광역시	1	0
충청남도	8	1	부산광역시	0	0
울산광역시	6	1	전라북도	0	0
경기도	6	1	광주광역시	0	0
경상남도	6	1	제주특별자치도	0	0
서울특별시	4	0	전국 계	140	14

출처: KOSIS 2022b. 산불피해 현황(https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=1368&tblId=TX_13601_A020&conn_path=13, 2022년 5월 26일 검색) 바탕으로 저자 재구성.

3) 산불 관련 선행연구 고찰

- 국립재난안전연구원은 산불을 '번개와 같은 자연적인 요소나 담뱃불과 같은 인위적 요인에 의해 산에서 발생하는 화재로 인명 및 재산 피해를 유발하는 재해'로 정의하고 있음(국립재난안전연구원 2022)
- 담뱃불 같은 인위적 요인에 의한 산불은 사회재난에 포함되어야 하나, 본 정의에서는 인위적 요인에 의한 산불도 발생 장소를 기준으로 자연재해에 포함함

■ 산불 관리에 있어 예방·대응·복구 단계에 대한 단계별로 모두 고려된 접근을 통해 그 효율성을 제고할 수 있음

- 재난관리란 '국민의 생명, 신체 및 재산을 각종 재해로부터 예방하고 재난 발생 시 그 피해를 최소화하기 위한 일련의 활동'으로 정의되며, 재난 발생 전을 예방단계와 대비 단계로 보고, 재난 발생 중을 대응단계, 발생 후를 복구단계로 구분하고 있음(류상일 2008)
- 단계별 활동 자체가 효율적으로 이루어짐과 동시에 단계 간 상호 유기적으로 연결 및 통합연계가 이루어질 때 재난관리의 효과를 높일 수 있음(재난안전연구소 2018 재인용; 양기근 2004; 김중양 2004)
 - 각 단계는 상호순환적인 성격을 가지고 있어, 각 단계의 활동 결과는 다음 단계에 영향을 미침(채진 2009)
 - 특히, 산불로 인한 피해를 저감하기 위해서는 산불을 재해로 인식하고, 단계별로 체계적인 방재시스템을 마련해야 함(구교상 2007)
- 한우석 외(2019)에서는 재해 발생 이전을 예방단계, 재해가 발생한 직후인 대응단계, 재해 발생 후의 단기 복구단계, 장기 복구단계로 구분한 바 있음
- 산림청은 산불 관리를 예방·진화·진화 후 단계로 구분하고 다양한 정책을 시행하고 있으며(정호근 외 2017), 최근에는 대비·예방·진화·첨단대응·홍보의 분야로 산불방지 정책을 세분화하여 구체적으로 접근하고 있음(산림청 2022c)

■ 산불 관리에 있어 단계별 통합접근과 동시에 지역별 특성 고려가 중요함

- 통합적인 재난관리체계를 위해서 단계별로 존재하는 특성을 고려하여 살펴볼 필요가 있으므로(안중호 외 2004) 산불 관리에서도 단계별 통합적인 접근이 중요함
- 또한, 지역별로 현재의 재난관리 역량을 진단하여 재난안전예산을 확보하기 위한 근거를 마련하고, 재난관리 역량 강화의 노력이 중요함

- 재난관리에 있어 지방정부의 특수성이 포함될 수 있도록 포괄적인 범위에서 협력적 네트워크 구축과 함께 여건 및 전망 분석을 통해 현실적인 계획을 수립할 필요가 있음(권설아 외 2016)

■ 그러나 산불 관리와 관련한 기존 연구에서는 예방·대응·복구 단계로 나누어 개별적으로 접근하고 있고, 지역별 특성을 고려한 대책 제시 연구는 예방단계에 치중되어 있음

- 산불 관리에 있어 단계별 연구가 다수 진행되고 있으나 지역별 산불 특성을 고려한 연구로는 특히 산불 예방단계에 해당하는 연구가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 이 중 예측에 따른 예방 연구가 주를 이루고 있음
- 산불 대응의 경우, 산불 발생 사례 검토를 통한 대응체계 개선 연구가 주를 이룸에 따라 지역별 특성을 고려한 산불 대응방안을 모색한 연구는 부족한 실정임
- 산불 복구의 경우, 생태적 피해와 산림 복원에 관한 연구가 주를 이룸에 따라 피해지역과 피해주민에 대한 경제 및 관광 측면에서의 복구방안을 제시한 연구는 미흡한 실정임

표 8 산불 관리 단계별 선행연구 검토

구분	주요 선행연구 검토
산불 예방	1 • 과제명: 기상 예보 및 위성 자료를 이용한 우리나라 산불위험지수의 시공간적 고도화 • 연구자: 강유진 외(2019) • 연구목적: 우리나라 산불위험지수의 시간 및 공간적 정확성 향상을 통한 고도화
	2 • 과제명: 한국의 지역별 산불 발생 원인 특성 분석 • 연구자: 배미란·채희문(2019) • 연구목적: 각 지역의 산불 발생 특성이 다른 이유가 지형과 기후 같은 자연적 요소뿐만 아니라 산불 발생 시기와 발생 원인 등 다양한 인문적 요소의 차이도 존재하는지 파악
	3 • 과제명: 머신러닝과 샘플링을 이용한 강원도 지역 산불 발생예측모형 개발 • 연구자: 채경재 외(2018) • 연구목적: 산불 발생 예측 모형의 정확도 증대
	4 • 과제명: 산불 예측 모델링에 관한 연구 • 연구자: 정영석·박정민(2012) • 연구목적: 마코프 체인을 이용하여 산불 예측 모델링 제안
	5 • 과제명: 우리나라 산불 발생의 원인별 공간적 특성 분석 • 연구자: 곽한빈 외(2010) • 연구목적: 산불 발생지점에 대한 자료 구축 및 그 원인별 발생패턴 공간통계학적 방법으로 탐색
	6 • 과제명: 캐나다 산불 기상지수를 이용한 산불 발생확률모형 개발 -강원도 지역 산불 발생을 중심으로- • 연구자: 박홍석 외(2009) • 연구목적: 캐나다 산림청에서 개발한 미세연료수분지수(fine fuel moisture code: FFMC)를 이용한 산불 발생 예측 확률 모형을 개발
산불 대응	1 • 과제명: 대형 산불사례 분석을 통한 산불대응 의사결정지원정보체크리스트 개발 • 연구자: 곽재환 외(2020) • 연구목적: 산불대응의 문제점 해결
	2 • 과제명: 산불대응체계 개선방안 • 연구자: 한아름(2020) • 연구목적: 대응체계 현황과 문제점 분석을 통한 효율적인 산불 대응체계 제시
	3 • 과제명: 산불현장 대응역량 강화를 위한 실태조사 연구 • 연구자: 엄태수 외(2017) • 연구목적: 국내 산불현장 대응인력에 대한 분석을 통한 대응역량강화
산불 복구	1 • 과제명: Landsat 영상을 활용한 동해안 산불지역의 복원방법에 따른 식생변화 모니터링 • 연구자: 성선용 외(2015) • 연구목적: 동해안 산불 발생 지역의 복원 방법별 식생 변화를 분석함으로써 복원방법 계획 시 의사결정을 위한 근거 제시
	2 • 과제명: 동해안 산불피해지 복구를 위한 산림생산력의 추정 • 연구자: 구교상 외(2010) • 연구목적: 특정 입지의 산림생산력을 추정하여 산불 피해지 복구 시 수종선택에 필요한 정보 제공
	3 • 과제명: 산불피해지역 복구를 위한 정부지원이 지역경제에 미치는 파급효과 분석 • 연구자: 이재근 외(2007) • 연구목적: 강원도 내 삼척시, 고성군, 동해시를 대상으로 산업연관분석을 이용하여 산불피해 복구를 위한 정부지원액이 지역경제에 미치는 파급효과 분석
	4 • 과제명: 일본 가가와현 산불피해지의 복구대책 • 연구자: 전근우 외(2007) • 연구목적: 일본 산불피해지의 산림 복구방안 검토
본 연구	• 과제명: 산불 예방·대응·복구단계별 특성을 고려한 지역유형별 지원방안 • 연구목적: 군집분석을 활용하여 산불 특성에 따른 지역유형별 및 예방·대응·복구단계별 지원방안 제시

출처: 저자 작성.

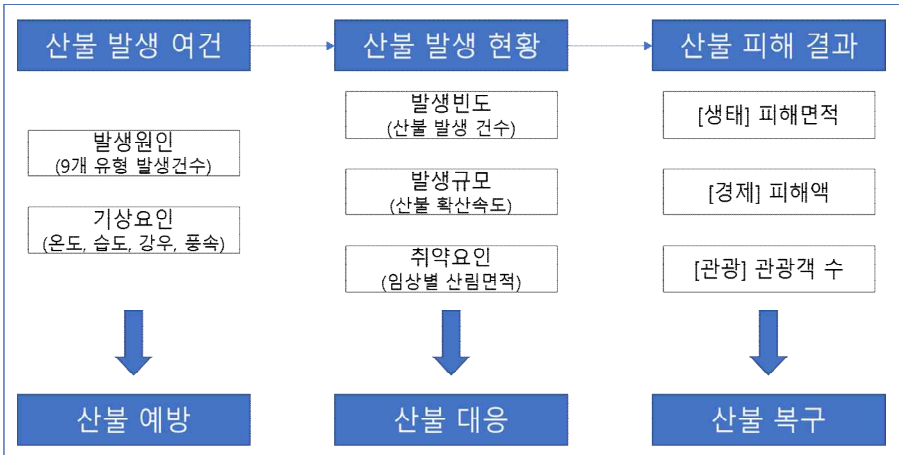
4) 소결

- 산불 관리 연구는 지역별로 산불 특성을 고려할 필요가 있으므로 시·군·구 단위로 분석하는 것이 일반적이며, 우리나라 산불 발생 공간분포는 지역별 군집 형태의 강한 공간 의존성을 갖는 것으로 알려짐(이병두·이명보 2009; 곽한빈 외 2010)
- 시·군·구 단위의 분석을 통하여 산불 관련 요인을 정밀하게 파악할 수 있고, 산불 발생 및 피해 현황만 보더라도 요인별로 지역 특성이 다르게 나타나기에 각 지역에 적합한 분석이 필요
 - 산불의 주요 발생원인, 빈도 및 시기, 기상 상황, 피해 면적, 피해 금액, 인명피해 현황이 지역마다 다르게 나타남
 - 산불의 발생 및 피해 현황 파악 결과, 산불 원인에 있어서 최근 10년간 가장 많이 발생한 입산자 실화가 두드러지는 지역은 강원 홍천군, 서울 성북구, 대구 남구, 대구 달서구였음
 - 최근 10년간 산불 발생 빈도 및 시기는 강원도 홍천군, 춘천시, 양평군 순이지만, 계절별 발생 빈도는 지역별로 다르게 나타나 원인별·빈도별·시기별로 두드러지는 지역 차이가 있는 것으로 파악됨
 - 또한, 최근 5년간 강원 삼척시, 경기 용인시, 전북 무주군, 강원 고성군, 충남 논산시가 평균적으로 진화에 시간이 더 오래 소요된 것으로 파악됨에 따라 산불 발생 빈도와 강도별 두드러지는 지역 차이가 있는 것으로 파악됨
 - 기상 상황으로는 산불에 영향을 미치는 기상 요소별, 그리고 계절별로 두드러지는 지역이 차이가 있는 것으로 파악됨
 - 피해 금액 및 면적은 강원도, 경상북도, 울산광역시 순으로 그 값이 컸으며, 발생원인, 빈도 및 시기, 진화 소요시간, 기상 상황에서 두드러지는 지역과 완전한 일치가 이뤄지지 않는
 - 인명피해도 마찬가지로 경상북도, 강원도, 충청북도 순으로 피해 금액 및 면적과 두드러지는 지역이 일치하지 않는 것으로 파악되었음
- 산불 관리는 지역별 특성을 고려하고, 예방·대응·복구 등 모든 단계가 고려된 접근일 때 효과적이지만 관련 선행연구에서는 지역별 특성을 고려한 대책 제시가 예방단계에만 지나치게 치중되어 있음
- 산불 예방·대응·복구 단계별로 관련 요인을 진단하고 산불 특성이 두드러지도록 유형화된 지역에 적합한 정책 지원방안을 모색할 필요성이 있음

03 산불 예방·대응·복구 단계별 지역 유형화

1) 분석의 틀

- 산불 예방·대응·복구 단계별로 관련 요인을 진단하고 그 특성이 두드러지도록 유형화된 지역에 적합한 정책 지원방안 모색이 필요함에 따라 이번 장에서는 군집분석을 통하여 단계별 산불 특성에 따른 지역 유형화를 수행함
 - 공간적 범위는 전국 시군구를 대상으로 함
 - 시간적 범위는 최근 10년(2012~2021년)으로 선정했으며, 시계열 데이터 구득이 어려운 변수들의 경우 2020년으로 분석을 수행함
- 첫째로, 산불 예방·대응·복구 단계별 특성을 파악하기 위하여 지표를 선정함(그림 5) 참고
 - 산불 예방단계에서는 2장에서 파악한 산불 발생원인, 기상상황 등을 바탕으로 9개 유형의 발생원인과 기상요인을 중심으로 지표를 선정함
 - 산불 대응단계에서는 2장에서 파악한 산불 발생 빈도 및 시기, 진화 소요시간 등을 바탕으로 발생 빈도, 발생 규모, 발화 취약 정도를 중심으로 지표를 선정함
 - 산불 복구단계에서는 2장에서 파악한 피해 면적과 피해 금액을 바탕으로 생태, 경제, 그리고 관광의 세 가지 측면을 중심으로 지표를 선정함
- 둘째로, 단계별로 선정된 지표들의 요인을 분석하고 해당 지역별 요인특점을 이용하여 K-means 클러스터 분석이 가능하며, 이를 통해 단계 내 지역별 특성을 도출함

그림 5 지역적 산불 특성 유형화를 위한 지표 선정 모형

출처: 저자 작성.

2) 산불 예방단계 지역 유형화 분석 및 결과

① 산불 예방단계 특성 파악을 위한 지표 선정

■ 발생원인

- 산불을 예방하기 위해서는 산불이 어떠한 형태로 발생하는지 파악하는 것이 필요(곽한빈 외 2010)
- 산불은 여러 가지 원인에 의해 발생하는데 우리나라는 외국과 비교하여 상대적으로 낙엽 나 화산과 같은 자연적 원인에 의한 산불의 발생비율이 매우 낮음(배미란·채희문 2019)
- 선행연구들에서 원인을 다양하게 구분하고 있으나 공통적으로 입산자 실화, 논·밭두렁 소각, 쓰레기 소각, 담뱃불 실화, 성묘객 실화, 건축물 화재, 기타를 구분하고 있음
 - 산림청(2022d)은 「산불통계연보」에서 입산자 실화, 논·밭두렁 소각, 쓰레기 소각, 담뱃불 실화, 성묘객 실화, 어린이 불장난, 건축물 화재, 기타 총 8개 유형으로 구분
 - 이명옥 외(2012)는 입산자 실화, 논·밭두렁 태우기, 쓰레기 소각, 어린이 불장난, 담뱃불, 성묘객 부주의, 기타 총 7개 유형으로 구분함
 - 이시영 외(2006) 입산자 실화, 논·밭두렁 소각, 어린이 불장난, 담뱃불·쓰레기 소각, 성묘객 실화, 기타 총 6개 유형으로 구분함

- 또한, 산불 발생패턴이 국지적 군집성을 가지는 원인으로 방화나 담뱃불, 어린이 불장난이 언급되므로(곽한빈 외 2010) 이 페이퍼에서도 해당 원인을 유형화하여 분석하고자 함
 - 곽한빈 외(2010)는 입산자 실화, 논·밭두렁 소각, 농산부산물 소각, 어린이 불장난, 담뱃불 실화, 성묘객 실화, 방화, 기타 총 8개 유형으로 구분함
- 따라서 이 페이퍼에서는 산불 발생 원인을 입산자 실화, 논·밭두렁 소각, 쓰레기 소각, 담뱃불 실화, 성묘객 실화, 어린이 불장난, 건축물 화재, 방화, 기타 총 9개 유형으로 구분
 - 산림청(2022b)에 기록된 최근 10년간(2012~2021년) 산불 발생원인 자료를 근거로 9개 유형별 발생 건수를 지표로 활용하고자 함

■ 기상요인

- 기후 특성의 변화는 지역별로 산불위험 시기의 변화를 초래하여 우리나라 기존 산불 조심기간의 변경 등 산불 예방대책과 연관성을 가짐(권춘근 외 2012)
 - 우리나라는 사계절이 뚜렷하여 기후적 특징으로 인해 산불 발생이 지역별·시기별로 상이하게 나타나고 있음(전보람·채희문 2017)
- 산불이 발화하고 나면 기온, 상대습도, 풍속 등과 같은 기상조건들이 산불의 확산과 행동에 영향을 미침(전보람·채희문 2017; 배미란·채희문 2019)
 - 특히, 우리나라는 건조 기간 동안 건조한 기후와 편서풍의 영향으로 산불이 발생했을 때 확산이 빠르며 진화가 어려운 것이 특징임
- 캐나다 등 해외에서도 온도, 강수, 풍속 및 습도 등의 기상 조건에 따른 건조도 증가가 수목의 수분함량을 낮추어 산불 발생에 영향을 주는 것으로 보고 있으며(Flannigan et al. 2000; Wotton et al. 2003; 이시영 2009), 산불은 한번 발생하게 되면 급속도로 확산하여 대형 산불이 될 위험이 더욱 큼(곽한빈 외 2010)
- 또한, 산불 발생 건수 및 면적과 기상요소 간의 분석에서 강우량, 최소습도, 풍속 등이 산불과의 관계성을 보였음(이시영 2009)
 - 유난히 산불 발생 건수가 많았던 1997년, 2000년, 2001년 강우량이 다른 해에 비해 상대적으로 적었던 것으로 나타남
- 그렇기에 산불 발생 여건에 해당하는 기상요인으로 평균기온, 평균최고기온, 평균 상대습도, 최소 상대습도, 평균풍속, 최대풍속, 월합강수량, 일최다강수량을 활용하고자 함

표 9 산불 예방단계 지표 설정

구분(설명)		지표	단위	출처
발생원인 (2012~2021년도 산불 발생 원인별 건수의 합)		건축물 화재	건	예년(2011~2021년) 산불피해대장 (산림청)
		입산자 실화		
		쓰레기 소각		
		논·밭두렁 소각		
		성묘객 실화		
		담뱃불 실화		
		어린이 불량난		
		방화		
		기타		
기 상 요 인	봄 (2020년 3·4·5월 관측값의 평균)	봄철 평균기온	℃	기상자료개방포털 (기상청)
		봄철 평균최고기온		
		봄철 평균 상대습도	%	
		봄철 최소 상대습도		
		봄철 평균풍속	m/s	
		봄철 최대풍속		
		봄철 월합강수량	(00~24h만) mm	
		봄철 일최다강수량	mm	
	여름 (2020년 6·7·8월 관측값의 평균)	여름철 평균기온	℃	기상자료개방포털 (기상청)
		여름철 평균최고기온		
		여름철 평균 상대습도	%	
		여름철 최소 상대습도		
		여름철 평균풍속	m/s	
		여름철 최대풍속		
		여름철 월합강수량	(00~24h만) mm	
		여름철 일최다강수량	mm	
	가을 (2020년 9·10·11월 관측값의 평균)	가을철 평균기온	℃	기상자료개방포털 (기상청)
		가을철 평균최고기온		
		가을철 평균 상대습도	%	
		가을철 최소 상대습도		
		가을철 평균풍속	m/s	
		가을철 최대풍속		
		가을철 월합강수량	(00~24h만) mm	
		가을철 일최다강수량	mm	
겨울 (2020년 12·1·2월 관측값의 평균)	겨울철 평균기온	℃	기상자료개방포털 (기상청)	
	겨울철 평균최고기온			
	겨울철 평균 상대습도	%		
	겨울철 최소 상대습도			
	겨울철 평균풍속	m/s		
	겨울철 최대풍속			
	겨울철 월합강수량	(00~24h만) mm		
	겨울철 일최다강수량	mm		

출처: 저자 작성.

② 산불 예방단계 군집분석

■ 산불 예방단계 지표 간 독립성 확인

- 산불 예방단계 요인분석 수행에 앞서 모든 데이터를 Z점수화하여 표준화 수행
 - 카이저 규칙(Kaiser rule)에 따라 고유치가 1 이상인 유의미한 요인을 도출함
- 산불 예방단계 지표들의 요인분석 결과, ‘강수’, ‘기온’, ‘습도’, ‘방화를 제외한 발생원인’, ‘봄·가을철 풍속’, ‘여름철 풍속’, ‘방화 및 겨울철 풍속’, 총 일곱 가지로 요인을 도출하고 그 특성을 구분할 수 있었음

■ 산불 예방단계 요인을 중심으로 최적 군집 수 도출

- R Studio 소프트웨어를 이용하여 상대적 구분에 효과적인 비계층적 군집방법인 k-means 클러스터 분석을 적용(Janssens et al. 2008; 권유진 외 2018; 윤은주 2020)
 - 지역별 요인특점을 이용하여 K-means 클러스터 분석을 수행하였으며, NBClust패키지를 통해 적합한 군집 수를 도출함
- 산불 예방단계에서 적합한 클러스터의 개수는 2개로 도출됨

■ 산불 예방단계 군집분석 결과

- 산불 예방단계는 클러스터의 개수가 2개이므로 해당하는 요인들의 통계적 차이가 있는지를 확인하고자 Mann-Whitney U검정을 실시
- 검정 결과 p-value가 0.05 미만이었기에 귀무가설을 기각하여 ‘산불 예방단계 군집1의 일곱 가지 요인들의 중앙값과 군집2의 일곱 가지 요인들의 중앙값은 유의한 차이가 있음’을 확인
 - 산불과 관련한 기상 요인인 기온과 풍속은 값이 클수록, 습도 및 강수량은 값이 낮을수록 유의미한 결과값으로 해석함
- 예방-1 군집의 경우, 기온과 풍속 정도가 높고 방화 발생 건수가 많음
 - 기온의 경우, 평균최고기온은 가을철, 평균기온은 봄철이 가장 높은 설명력을 가짐(부표 1) 참고)
 - 풍속의 경우, 사계절 중 봄·가을철이 가장 큰 설명력을 가지며 특히 가을철 평균풍속과 최대풍속 모두가 봄철보다 큰 설명력을 가짐(부표 1) 참고)
- 예방-2 군집의 경우, 강수와 습도 정도가 낮고 방화를 제외한 산불 발생 건수가 많음

- 강수의 경우, 봄·가을·겨울철 월합강수량과 일 최대강수량이 여름철보다 큰 설명력을 가짐(〈부표 1〉 참고)
- 습도의 경우, 봄철 평균 상대습도와 여름철 최소 상대습도가 다른 계절보다 큰 설명력을 가짐(〈부표 1〉 참고)
- 앞서 수행한 요인분석에서 '방화를 제외한 발생원인' 내 지표 중 '기타'가 가장 큰 설명력을 가지며 그 뒤를 '쓰레기 소각', '논·밭두렁 소각', '건축물 화재', '입산자 실화', '담뱃불 실화', '성묘객 실화' 순서를 보임(〈부표 1〉 참고)

표 10 산불 예방단계 군집별 Mann-Whitney U검정 결과

구분	평균 순위		P
	예방-1 군집	예방-2 군집	
강수	205.02	93.59	.000
기온	183.61	98.68	<.001
습도	162.77	103.64	<.001
방화를 제외한 발생원인	64.34	127.05	<.001
봄·가을철 풍속	201.73	94.37	.000
여름철 풍속	169.98	101.92	<.001
방화 및 겨울철 풍속	158.25	104.71	<.001

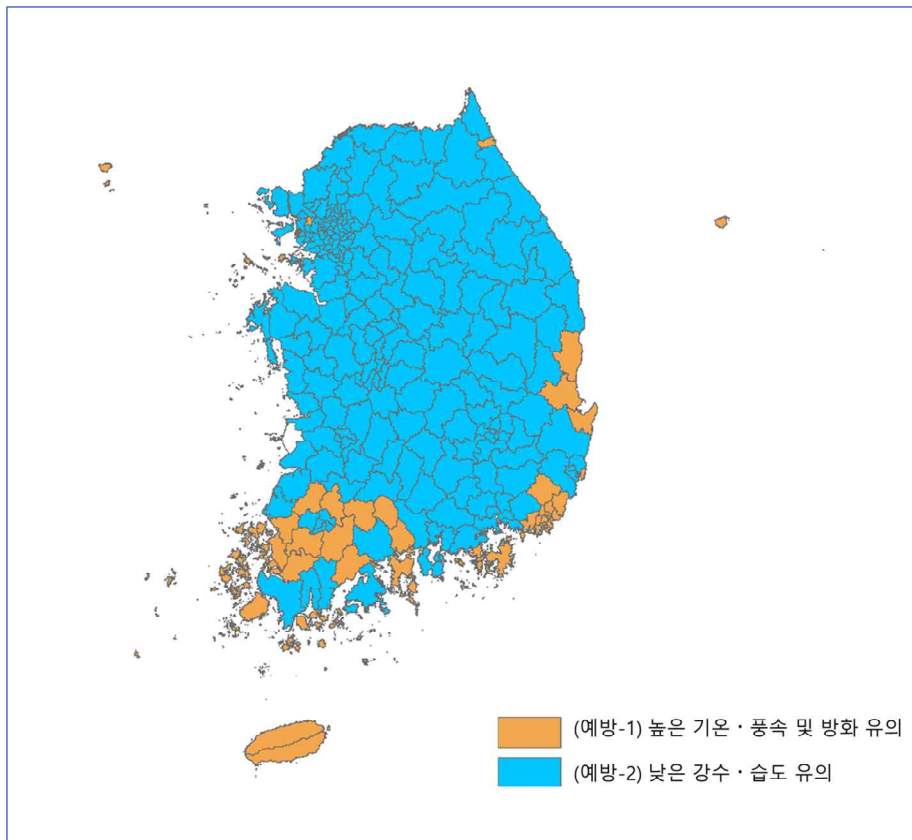
출처: 저자 작성.

③ 산불 예방단계 지역 유형화

- 강수, 기온, 습도, 방화를 제외한 발생원인, 봄·가을철 풍속, 여름철 풍속, 방화 및 겨울철 풍속의 일곱 가지 요인을 기준으로 나누어진 2개의 군집을 전국 시군구 단위로 지도상에 배치(〈그림 6〉 참고)
 - 예방-1 군집의 경우, 기온과 풍속 정도가 높고, 방화 발생 건수가 많은 지역임
 - 예방-2 군집의 경우, 강수와 습도 정도가 낮고, 방화를 제외한 산불 발생 건수가 많은 지역임
- 예방-1 군집은 '높은 기온·풍속 및 방화 유의' 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 기온과 풍속 정도가 높고, 방화 가능성이 높은 지역으로 주로 남해안 일부 지역에 위치하고 있음
 - 기온·풍속을 함께 고려했을 때 봄·가을철을 더 유심히 살필 필요가 있음
 - 산불 발생 원인 중 특히 방화를 더 유심히 살필 필요가 있음

- 예방-2 군집은 '낮은 강수·습도 유의' 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 강수와 습도가 낮으며, 방화를 제외한 산불 발생이 많은 지역으로 주로 남해안 일부 지역을 제외한 나머지 한반도 대부분 지역들이 해당 군집에 속함
 - 강수·습도를 함께 고려했을 때 봄철을 더 유심히 살필 필요가 있음
 - 발생 원인으로는 '기타', '쓰레기 소각', '논·밭두렁 소각', '건축물 화재', '입산자 실화', '담뱃불 실화', '성묘객 실화' 순으로 예방에 초점을 둘 필요가 있음

그림 6 산불 예방단계에서의 지역 유형 구분



출처: 저자 작성.

표 11 산불 예방단계에서의 지역 유형 구분 및 해당 지자체

군집	지역 유형	지자체	지자체 수
예방-1	높은 기온·풍속 및 방화 유의	부산 중구, 서구, 동구, 영도구, 부산진구, 동래구, 남구, 북구, 해운대구, 사하구, 금정구, 강서구, 연제구, 수영구, 사상구, 기장군, 인천 계양구, 옹진군, 울산 동구, 강원 속초시, 전남 목포시, 여주시, 나주시, 광양시, 담양군, 곡성군, 구례군, 보성군, 화순군, 영암군, 무안군, 함평군, 장성군, 완도군, 진도군, 신안군, 경북 포항시, 영덕군, 울릉군, 경남 통영시, 거제시, 양산시, 제주 제주시, 서귀포시	44
예방-2	낮은 강수·습도 유의	서울 종로구, 중구, 용산구, 성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구, 대구 중구, 동구, 서구, 남구, 북구, 수성구, 달서구, 달성군, 인천 중구, 동구, 연수구, 남동구, 부평구, 서구, 미추홀구, 강화군, 광주 동구, 서구, 남구, 북구, 광산구, 대전 동구, 중구, 서구, 유성구, 대덕구, 울산 중구, 남구, 북구, 울주군, 세종시, 경기 수원시, 성남시, 의정부시, 안양시, 부천시, 광명시, 평택시, 동두천시, 안산시, 고양시, 과천시, 구리시, 남양주시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 용인시, 파주시, 이천시, 안성시, 김포시, 화성시, 광주시, 양주시, 포천시, 여주시, 연천군, 가평군, 양평군, 강원 춘천시, 원주시, 강릉시, 동해시, 태백시, 삼척시, 홍천군, 횡성군, 영월군, 평창군, 정선군, 철원군, 화천군, 양구군, 인제군, 고성군, 양양군, 충북 충주시, 제천시, 청주시, 보은군, 옥천군, 영동군, 진천군, 괴산군, 음성군, 단양군, 증평군, 충남 천안시, 공주시, 보령시, 아산시, 서산시, 논산시, 계룡시, 당진시, 금산군, 부여군, 서천군, 청양군, 홍성군, 예산군, 태안군, 전북 전주시, 군산시, 익산시, 정읍시, 남원시, 김제시, 완주군, 진안군, 무주군, 장수군, 임실군, 순창군, 고창군, 부안군, 전남 순천시, 고흥군, 장흥군, 강진군, 해남군, 영광군, 경북 경주시, 김천시, 안동시, 구미시, 영주시, 영천시, 상주시, 문경시, 경산시, 군위군, 의성군, 청송군, 영양군, 청도군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 예천군, 봉화군, 울진군, 경남 진주시, 사천시, 김해시, 밀양시, 창원시, 의령군, 함안군, 창녕군, 고성군, 남해군, 하동군, 산청군, 함양군, 거창군, 합천군	185

출처: 저자 작성.

3) 산불 대응단계 지역 유형화 분석 및 결과

① 산불 대응단계 특성 파악을 위한 지표 선정

- 산불통계자료에는 산불강도 등을 유추할 수 있는 자료가 없는 관계로 분포, 빈도, 크기 등을 이용(이병두·이명보 2009)

■ 산불 발생 빈도

- 산불 발생 빈도는 월별, 시간대별, 요일별로 다르게 분포하고, 지역별로도 다발 시기와 피해 규모가 다르게 나타나고 있음(이시영·이해평 2006)
- 최근 10년 산림청 계절별 산불 발생 통계에 따르면 봄철(3~5월), 겨울(12, 1~2월), 가을(9~11월), 여름(6~8월) 순으로 발생이 많은 것으로 나타남(한라일보 2022)
 - 「산림보호법」 제31조에서는 산림청장 또는 지방자치단체의 장은 대통령령으로 정하는 바에 따라 계절별로 산불위험지수가 높아 산불이 발생할 위험이 큰 기간을 산불 조심 기간으로 정하고 있음
- 따라서 이 페이퍼에서는 시기별, 계절별 산불 발생 건수를 통해 지역별 산불 발생 빈도를 확인하고자 함
 - 산림청(2022b)에 기록된 최근 10년간(2012~2021년) 산불 발생 장소(시·군·구)와 산불 발생 일시(연도, 월, 일, 시간, 요일, 공휴일 여부) 자료를 활용함

■ 산불 발생 규모

- 산불 규모를 나타내는 요인으로 확산 속도가 있으며, 과거 국내 주요 대형 산불의 확산 속도는 2002년 청양·예산이 평균 10.2m/s, 2005년 양양이 평균 6m/s를 보임(구교상 2007)
- 또한 산불의 공간적 특성을 분석한 연구(이병두·이명보 2009)에서는 산불 연소면적을 진화까지 소요된 시간(진화 시간-발화 시간)으로 나누어 확산 속도(ha/hr)로 활용
 - 데이터 구득의 한계로 화두의 진행 속도 분석이 불가하므로 확산 속도의 개념으로 시간당 연소면적을 적용함
- 이 페이퍼에서도 마찬가지로 산불 피해 면적을 진화까지 소요된 시간(진화 시간-발화 시간)으로 나눈 값을 확산 속도(ha/hr)로 활용함
 - 산림청(2022b)에 기록된 최근 10년간(2012~2021년) 산불 피해 면적(ha)과 산불 발화 시간(시·분), 산불 진화 시간(시·분) 자료를 활용함

- 해당 산불 피해 면적은 「산불관리통합규정」 별표3에 제시된 원인으로 산불이 발생하여 지상 임목, 관목, 시초 등을 연소시키면서 실제로 산불이 지나간 면적만을 산정한 자료임

■ 발화 취약 정도

- 산불의 공간적 특성상 취약성을 나타내는 요소로 침엽수 등 임상(林相)²⁾별 산림면적을 검토해볼 수 있음
- 산불에 취약한 침엽수 단순림이 전체 산림의 36.9%(2015년)를 차지하여 산불이 발생하면 잘 꺼지지 않고 오랜 시간 지속됨(정호근 외 2017)
 - 2010년의 침엽수림 비율인 40%보다 줄어들긴 했지만, 여전히 높은 비율로 분포
 - 우리나라는 전 국토의 65%가 산지이며, 이 중 97%가 임목지이고 최근 산림자원의 증가로 인해 가연성 지피물이 많이 쌓여 있고, 산림 상태로 보아 불에 잘 타는 침엽수가 43%로 가장 많은 산불 발생의 위험성이 높음(이시영·이해평 2006)
- 「2019 강원 동해안 산불백서」에서는 강원도 동해안의 대형 산불 예방을 위해 단순 소나무 위주의 조림을 지양하고 활엽수 혼효림을 적극적으로 조성해 산불에 취약한 사향을 개선할 필요성 언급(행정안전부 2019)
 - 이와 더불어 해당 지역 토양이 주로 척박지로 이루어져 있어 활엽수가 자라기 어렵고, 소나무 위주의 단순림으로 구성되어 있어 산불에 취약함을 밝히고 있음
- 참나무 등의 활엽수는 산불이 지나가도 고사율이 20%일 정도로 산불에 강하지만, 산림청과 경상북도는 참나무 등의 활엽수를 베어내고 소나무 위주의 송이 숲을 조성함(오마이뉴스 2022)
 - 결국 송이버섯을 따기 위한 송이 숲 조성이 산불의 급속한 확산과 산불 진화 실패 원인 중 하나가 되었다 언급된 바 있음
- 임상별 분포를 통해 산불 발생 취약 여부를 파악할 수 있음. 이 페이퍼에서는 지자체별로 산림면적이 상이하므로 산림 내 침엽수, 활엽수, 혼효림 면적 비율을 지표로 활용
 - KOSIS(2021c)에서 제공하고 있는 2020년 행정구역별 임상별 면적 및 축적 자료를 참조하고, 비율로 나타내기 위해 KOSIS(2021b)의 총 산림면적을 참조하고자 함

2) 임분(林分)의 수종 구성상태를 의미함. 임상의 구분은 수종에 의하여 침엽수림·활엽수림·혼효림(混交林)·죽림(竹林)으로 구분하며, 국내에서는 침엽수가 75% 이상 차지하고 있는 임분을 침엽수림으로, 활엽수가 75% 차지하고 있는 임분을 활엽수림으로 취급하고 있음(두산백과 2022).

표 12 산불 대응단계 지표 설정

구분(설명)		지표	단위	출처
산불 발생 빈도	(2012~2021년도 요일별 산불 발생 건수의 합)	월요일 산불	건	예년(11~21) 산불피해대장 (산림청)
		화요일 산불		
		수요일 산불		
		목요일 산불		
		금요일 산불		
		토요일 산불		
		일요일 산불		
		공휴일 산불		
	(2012~2021년도 3, 4, 5월 산불 발생 건수의 합)	봄철 산불	건	예년(11~21) 산불피해대장 (산림청)
	(2012~2021년도 6, 7, 8월 산불 발생 건수의 합)	여름철 산불		
	(2012~2021년도 9, 10, 11월 산불 발생 건수의 합)	가을철 산불		
	(2012~2021년도 12, 1, 2월 산불 발생 건수의 합)	겨울철 산불		
산불 발생 규모		총 평균 확산 속도	ha/hr	예년(11~21) 산불피해대장 (산림청)
발화 취약 정도	(2020년도 지자체별 총 산림면적 대비 수종 비율)	침엽수 면적 비율	%	· 2020 행정구역별 임상별 면적 및 축적 (산림청) · 2020 행정구역별 산림기능별 면적 및 축적 (산림청)
		활엽수 면적 비율		
		혼효림 면적 비율		

출처: 저자 작성.

② 산불 대응단계 군집분석

■ 산불 대응단계 지표 간 독립성 확인

- 산불 대응단계 요인분석 수행에 앞서 모든 데이터를 Z점수화하여 표준화 수행
 - 카이저 규칙(Kaiser rule)에 따라 고유치가 1 이상인 유의미한 요인을 도출함
- 산불 대응단계 지표들의 요인분석 결과, ‘발생 빈도’, ‘확산 속도’, ‘발화 취약 정도’의 세 가지 요인을 도출하고 그 특성을 구분할 수 있었음

■ 산불 대응단계 요인을 중심으로 최적 군집 수 도출

- R Studio 소프트웨어를 이용하여 상대적 구분에 효과적인 비계층적 군집방법인 k-means 클러스터 분석을 적용(Janssens et al. 2008; 권유진 외 2018; 윤은주 2020)
 - 지역별 요인특점을 이용하여 K-means 클러스터 분석을 수행했으며, NBClust패키지를 통해 적합한 군집 수를 도출함
- 산불 대응단계에서 적합한 클러스터의 개수는 5개로 도출됨

■ 산불 대응단계 군집분석 결과

- 산불 대응단계 클러스터 간 차이가 통계적으로 유의함을 확인하고, 집단 간 어떠한 통계적 차이가 있는지를 확인하고자 Kruskal-Wallis 검정을 실시함
- Kruskal-Wallis 검정 결과, p-value가 0.05 미만이었기에 귀무가설을 기각하여 ‘산불 대응단계 군집들과 요인들 간 유의한 차이가 있음’을 확인
- 대응-1 군집의 경우, 군집들 중 발생 빈도가 가장 낮으며, 발화 취약 정도가 가장 낮음
- 대응-2 군집의 경우, 군집들 중 상대적으로 확산 속도가 빠르고, 발화 취약 정도도 높지만, 발생 빈도가 적은 특성을 가짐
- 대응-3 군집의 경우, 군집들 중 발화 취약 정도가 가장 높음
- 대응-4 군집의 경우, 군집들 중 발생 빈도가 가장 높음
 - 계절 중에서는 봄철, 요일 중에서는 수요일에 발생한 산불 건수가 가장 설명력이 높음 (〈부표 2〉 참고)
- 대응-5 군집의 경우, 군집들 중 상대적으로 발생 빈도도 높고 확산 속도도 빠름과 동시에 발화 취약 정도도 높은 특성을 가짐

표 13 산불 대응단계 군집별 Kruskal-Wallis 검정 결과

요인	군집	평균순위합 (n=229)	χ^2	df (자유도)	P
발생 빈도	대응-1	14.00	203.661	df=4	0.000
	대응-2	43.87			
	대응-3	190.91			
	대응-4	221.50			
	대응-5	127.52			
확산속도	대응-1	229.00	102.777	df=4	0.000
	대응-2	69.34			
	대응-3	164.91			
	대응-4	211.44			
	대응-5	114.73			
발화 취약정도	대응-1	1.00	169.549	df=4	0.000
	대응-2	52.87			
	대응-3	186.04			
	대응-4	218.81			
	대응-5	121.55			

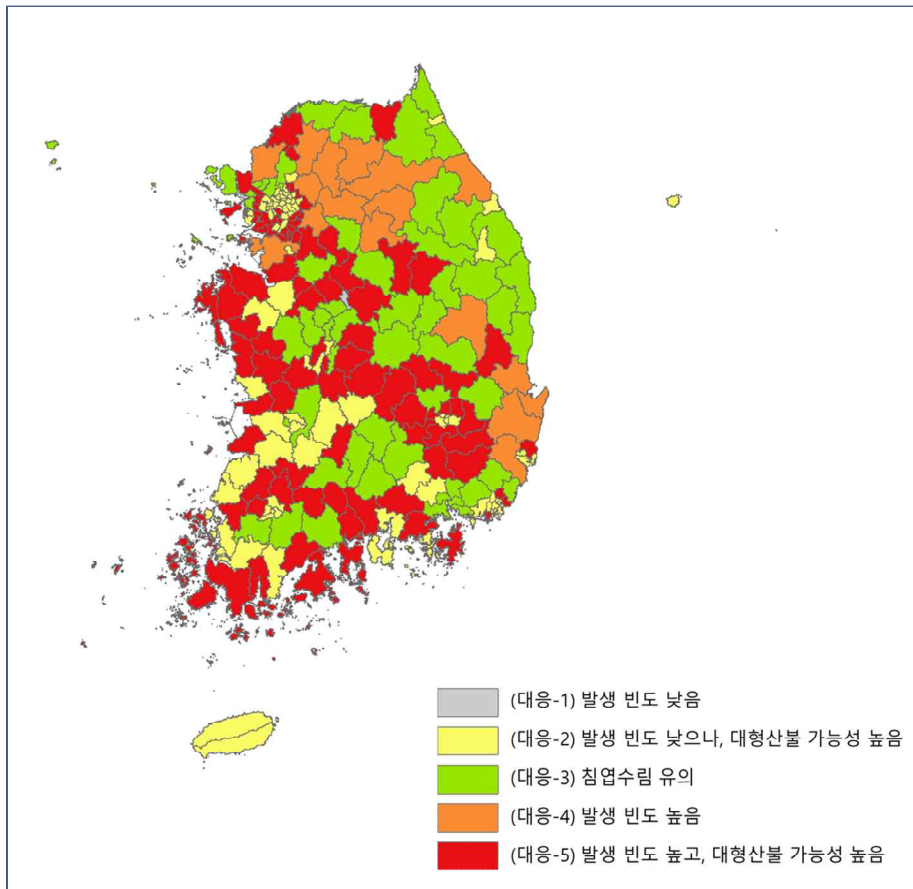
출처: 저자 작성.

③ 산불 대응단계 지역 유형화

- 산불 발생 빈도, 산불 발생 규모, 발화 취약 정도의 세 가지 요인을 기준으로 나누어진 5개의 군집을 전국 시군구 단위로 지도상에 배치(그림 7) 참고
- 대응-1 군집은 ‘발생 빈도 낮음’ 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 충청북도 증평군에 위치하고 있음
 - 발생 빈도가 가장 낮은 지역이고 산림면적 중 침엽수·활엽수·혼효림 비율 또한 상대적으로 굉장히 낮은 지역임에도 불구하고 확산 속도는 빠른 지역임
- 대응-2 군집은 ‘발생 빈도 낮으나, 대형산불 가능성 높음’ 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 다양하게 분포해있으나 주로 수도권과 전북 및 제주 지역 중심으로 분포되어 있음
 - 발생 빈도가 적지만, 확산 속도가 빠르고, 발화 취약 정도가 높은 위험을 가진 지역으로 한 번 산불이 나면 큰 화재로 변질 위험이 큼

- 대응-3 군집은 '침엽수림 유의' 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 다양하게 분포해있으나 특히 동해안 지역 중심으로 분포되어 있음
 - 발화 취약 정도가 가장 높은 지역으로, 특히 산불에 취약한 침엽수림을 더 유심히 살필 필요가 있음
- 대응-4 군집은 '발생 빈도 높음' 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 다양하게 분포해있으나 주로 경기 북부 및 강원 영서 지역과 경남 일부 지역을 중심으로 분포하고 있음
 - 발생 빈도가 가장 높은 지역으로 계절 중에서는 봄철, 요일 중에서는 수요일에 발생한 산불 건수가 가장 설명력이 높기에 관련 시기에 더 유심히 살필 필요가 있음
- 대응-5 군집은 '발생 빈도 높고, 대형산불 가능성 높음' 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 다양하게 분포해있으나 특히 서·남해안 지역을 중심으로 분포하고 있음
 - 상대적으로 발생 빈도가 높고, 확산 속도도 빠름과 동시에 발화 취약 정도도 높기에 전반적으로 대형 산불이 될 위험성이 높은 것으로 보임

그림 7 산불 대응단계에서의 지역 유형 구분



출처: 저자 작성.

표 14 산불 대응단계에서의 지역 유형 구분 및 해당 지자체

군집	지역 유형	지자체	지자체 수
대응-1	발생 빈도 낮음	충북 증평군	1
대응-2	발생 빈도 낮으나 대형산불 가능성 높음	서울 종로구, 중구, 용산구, 성동구, 광진구, 동대문구, 종랑구, 성북구, 강북구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구, 부산 중구, 서구, 동구, 영도구, 부산진구, 동래구, 남구, 북구, 강서구, 연제구, 수영구, 사상구, 대구 중구, 서구, 남구, 수성구, 달서구, 인천 동구, 연수구, 미추홀구, 광주 동구, 서구, 남구, 북구, 대전 서구, 대덕구, 울산 중구, 남구, 동구, 경기 의정부시, 부천시, 광명시, 과천시, 오산시, 군포시, 의왕시, 강원 동해시, 태백시, 속초시, 충남 아산시, 계룡시, 서천군, 예산군, 전북 전주시, 정읍시, 김제시, 진안군, 무주군, 임실군, 고창군, 전남 목포시, 장흥군, 영암군, 무안군, 영광군, 경북 울릉군, 경남 통영시, 사천시, 의령군, 함안군, 남해군, 제주 제주시, 서귀포시	85
대응-3	침엽수림 유의	부산 기장군, 인천 서구, 강화군, 옹진군, 대전 동구, 세종시, 경기 고양시, 안성시, 양주시, 여주시, 강원 삼척시, 영월군, 평창군, 충북 충주시, 청주시, 충남 공주시, 전북 남원시, 완주군, 전남 순천시, 나주시, 화순군, 경북 영주시, 영천시, 상주시, 문경시, 의성군, 영양군, 영덕군, 칠곡군, 예천군, 봉화군, 울진군, 경남 김해시, 양산시, 창원시, 산청군, 함양군, 거창군, 합천군	45
대응-4	발생 빈도 높음	울산 울주군, 경기 남양주시, 파주시, 화성시, 광주시, 포천시, 가평군, 양평군, 강원 춘천시, 원주시, 강릉시, 홍천군, 횡성군, 경북 포항시, 경주시, 안동시	16
대응-5	발생 빈도 높고 대형산불 가능성 높음	서울 도봉구, 노원구, 관악구, 부산 해운대구, 사하구, 금정구, 대구 동구, 북구, 달성군, 인천 중구, 남동구, 부평구, 계양구, 광주 광산구, 대전 중구, 유성구, 울산 북구, 경기 수원시, 성남시, 안양시, 평택시, 동두천시, 안산시, 구리시, 시흥시, 하남시, 용인시, 이천시, 김포시, 연천군, 강원 양구군, 충북 제천시, 보은군, 옥천군, 영동군, 진천군, 괴산군, 음성군, 단양군, 충남 천안시, 보령시, 서산시, 논산시, 당진시, 금산군, 부여군, 청양군, 홍성군, 태안군, 전북 군산시, 익산시, 장수군, 순창군, 부안군, 전남 여수시, 광양시, 담양군, 곡성군, 구례군, 고흥군, 보성군, 강진군, 해남군, 함평군, 장성군, 완도군, 진도군, 신안군, 경북 김천시, 구미시, 경산시, 군위군, 청송군, 청도군, 고령군, 성주군, 경남 진주시, 밀양시, 거제시, 창녕군, 고성군, 하동군	82

출처: 저자 작성.

4) 산불 복구단계 지역 유형화 분석 및 결과

① 산불 복구단계 특성 파악을 위한 지표 선정

- 산림청은 산불에 따른 영향을 생태, 경제, 사회적인 측면으로 나누어 제시한 바 있음
(〈표 15〉 참고)
- 해외에서는 초대형 산불피해로 인한 피해 면적 산정과 피해 가도 추출, 분포 식생의 연료량 등을 활용하여 산불피해를 평가하고 있음(Key·Benson 2002; Key·Benson 2006; Van Wagtendonk et al. 2004; Cocke et al. 2005; Roy et al. 2006; 원명수 외 2013에서 재인용)
- 이 페이퍼에서는 지역별 산불피해 특성 파악에 초점을 두고 있기에 생태, 경제, 사회 각 측면에 대하여 공간단위에서 유의미하게 다뤄질 수 있는 지표들을 데이터 구득 가능성을 고려하여 선정함

표 15 산불의 영향

생태적 측면	경제적 측면	사회적 측면
• 탈산림화, 생물 다양성 감소 • 야생동물 서식지 파괴 • 토양 영양물질 소실 • 홍수피해증가 • 국지기상의 변화 • 산성비와 대기오염 증가 • 이산화탄소 배출량 증가로 기후변화 초래	• 목재, 가축, 임산물 소득 손실 • 산림의 환경기능 손실 • 국립공원의 파괴 • 식품생산과 물 공급으로 비용 증가 • 산업교란, 수송 교란으로 인한 경제적 손실	• 관광객 감소 등 • 산업의 교란 • 대기 중 연무 농도에 따라 피부 및 호흡기 계통의 영향 (암, 만성질환의 증가)

출처: 산림청 2022d,

■ (생태) 산불 피해 면적

- 산불이 생태계에 미치는 영향을 보고자 연소면적을 파악하고, 산불 발생지역과 비발생지역 간 구성 수종 및 생물종 우점도 비교 등을 수행한 연구(이경재 2000) 존재
- 탈산림화를 고려한 생태적 측면의 산불 피해를 나타낼 수 있는 지표로 산불 피해 면적자료의 평균값을 활용
 - 해당 산불 피해 면적은 「산불관리통합규정」 별표3에 제시된 원인으로 산불이 발생하여 지상 입목, 관목, 시초 등을 연소시키면서 실제로 산불이 지나간 면적을 산정한 자료임

■ (경제) 산불 피해액

- 산불로 인하여 입게 되는 경제적인 손해는 산림생태계에서 얻을 수 있는 물질적 재화나 서비스 공급의 감소 또는 완전 상실 때문에 발생함(윤여창 2000)
- 동해안산불피해지공동조사단(2000)은 임목 자원에 대한 산불 피해 면적, 재적, 금액 등을 산정한 바 있음
- 산불에 따른 목재·송이 자원, 경치자원의 손실을 경제적 피해(윤여창 2000)로 바라볼 수 있으나, 산불 발생 전후의 값을 비교할 수 있는 전국 데이터 구축의 한계 존재
 - 목재·송이 자원 손실의 경우, 산림자원의 시장이 존재하는 지역의 타격을 의미함
 - 경치자원 손실의 경우, 관광객을 유치하여 수입을 올리는 지역의 타격을 의미함
- 경제적 측면에 있어 산불 피해를 나타낼 수 있는 지표로 산불 피해액을 활용
 - KOSIS(2022a)에서 광역단위로 제공하고 있는 최근 10년간(2012~2021년) 산불 피해액(천원) 자료의 평균값을 활용
 - 해당 산불 피해액은 「산불관리통합규정」 별표3의 원인으로 인한 산불 직접 피해액(입목 피해액 등), 복구 비용, 진화 비용, 산림의 공익적 기능 손실액을 포함하여 산정된 자료임
 - KOSIS(2021a)에서 제공하고 있는 국토교통부 「토지소유현황」 내 '2020년 시군구별 개인 토지의 지목별 현황자료'를 활용하여 산촌 임야가액 비중을 뽑아내었으며, 이를 광역단위 산불 피해액 자료에 적용하여 지자체별 산불 피해액으로 보정함
 - 또한, 산촌 임야가액의 경우 국토교통부 자료 내 임야가액 중에서도 산림청(2018)에서 제공하고 있는 '산촌 현황(읍면 리스트)'에서 제시된 지역의 값만을 뽑아 적용한 자료를 의미함

■ (관광) 관광객 수

- 사회적 측면에서 산불 피해를 나타낼 수 있는 지표로 산림청에서 제시한 관광객 감소를 선택하여 활용
 - 한국관광공사에서 관리하는 한국관광 데이터랩(2022)에 구축된 2020년 지역별 방문자 수 통계자료 활용

표 16 산불 복구단계 지표 설정

구분(설명)	지표	단위	출처
산불 피해 면적 (2012~2021년도 산불 발생 건별 피해 면적 값의 평균)	피해 면적	ha	예년(11~21) 산불피해대장 (산림청)
산불 피해액 (2012~2021년도 광역단위 산불 피해액 평균) *(2020년도 지자체별 임야가액 비중)	피해 금액	천원	· 12~21 피해액, 인명피해 산불피해 현황 (산림청 「산불통계」) · 2020년 06. 개인 토지의 지목별 현황 시군구(KOSIS 2021a 내 국토교통부 「토지소유현황」)
관광객 수 2020년도 지자체별 방문자 수	관광객 수	명	2020년 지역별 방문자 수 (한국관광 데이터랩)

출처: 저자 작성.

② 산불 복구단계 군집분석

■ 산불 복구단계 지표 간 독립성 확인

- 산불 복구단계에서 요인분석 수행에 앞서 모든 데이터를 Z점수화하여 표준화 수행
 - 카이저 규칙(Kaiser rule)에 따라 고유치가 1 이상인 유의미한 요인을 도출함
- 산불 복구단계 지표들의 요인분석 결과, ‘생태·경제적 피해’, ‘관광객 수’ 총 두 가지 요인을 도출하고 그 특성을 구분할 수 있었음

■ 산불 복구단계 요인을 중심으로 최적 군집 수 도출

- R Studio 소프트웨어를 이용하여 상대적 구분에 효과적인 비계층적 군집방법인 k-means 클러스터 분석을 적용(Janssens et al. 2008; 권유진 외 2018; 윤은주 2020)
 - 지역별 요인득점을 이용하여 K-means 클러스터 분석을 수행하였으며, NBClust패키지를 통해 적합한 군집 수를 도출함
- 산불 복구단계에서 적합한 클러스터의 개수는 3개로 도출됨

■ 산불 복구단계 군집분석 결과

- 산불 복구단계 클러스터 간 차이가 통계적으로 유의함을 확인하고, 집단 간 어떠한 통계적 차이가 있는지를 확인하고자 Kruskal-Wallis 검정을 실시함

- 검정 결과, p-value가 0.05 미만이었기에 귀무가설을 기각하여 ‘산불 복구단계 군집들과 요인들 간 유의한 차이가 있음’을 확인
- 복구-1 군집의 경우, 생태·경제적 피해가 군집들 중 가장 높고, 관광객 수도 가장 많음
 - 특히, 생태·경제적 피해(산불에 따른 피해 면적 및 금액)가 두드러지게 높음(부표 3) 참고)
- 복구-2 군집의 경우, 관광객 수가 군집들 중 가장 낮음
- 복구-3 군집의 경우, 생태·경제적 피해가 군집들 중 가장 낮음

표 17 산불 복구단계 군집별 Kruskal-Wallis 검정 결과

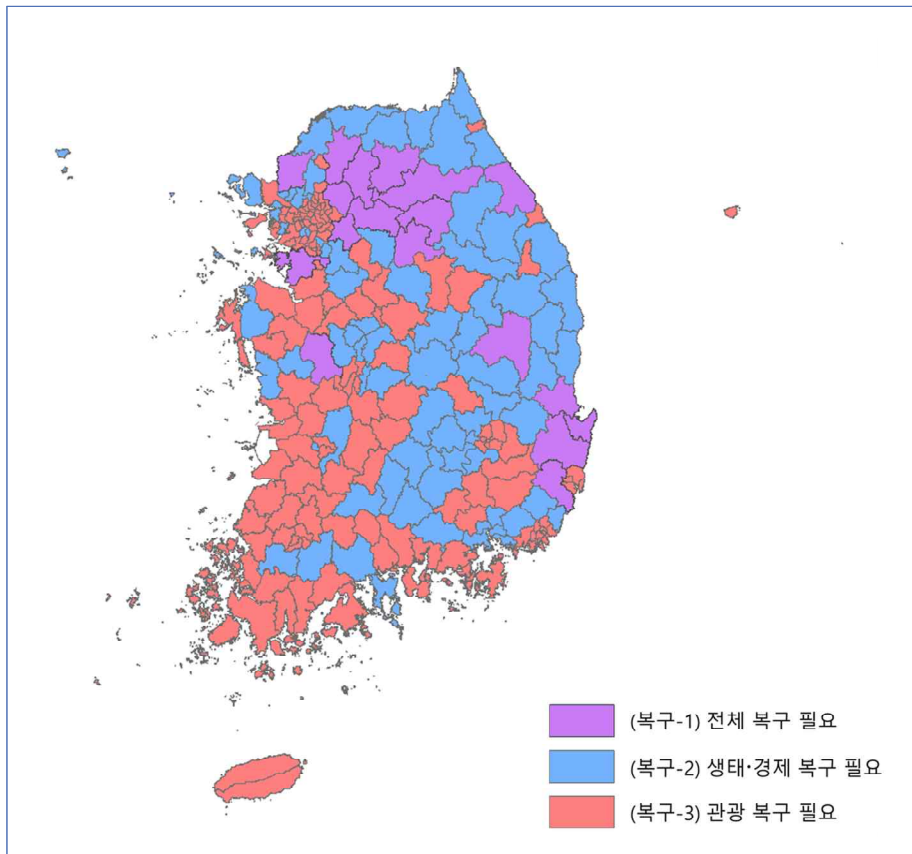
요인	군집	평균순위합 (n=229)	χ^2 (검정통계량)	df (자유도)	P
생태·경제적 피해	복구-1	182.24	58.884	df=2	< 0.001
	복구-2	154.87			
	복구-3	91.32			
관광객 수	복구-1	145.71	15.428	df=2	< 0.001
	복구-2	88.28			
	복구-3	122.34			

출처: 저자 작성.

③ 산불 복구단계 지역 유형화

- 두 가지 요인인 생태·경제적 피해, 관광객 수 기준으로 나누어진 3개의 군집을 전국 시군구 단위로 지도상에 배치(그림 8) 참고)
- 복구-1 군집은 ‘전체 복구 필요’ 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 경기·강원·경북 일부 지역을 중심으로 분포하고 있음
 - 생태·경제적 피해가 가장 큼과 동시에 관광객 수도 가장 많아 생태·경제·사회 모든 단계의 복구에 관심을 가질 필요가 있음
- 복구-2 군집은 ‘생태·경제 복구 필요’ 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 다양하게 분포해있으나 특히, 동해안 지역을 중심으로 분포하고 있음
 - 관광객 수가 상대적으로 낮은 지역으로, 생태·경제적 피해에 대한 복구에 관심을 가질 필요가 있음
- 복구-3 군집은 ‘관광 복구 필요’ 지역 유형으로 정의할 수 있음
 - 해당 군집의 경우, 다양하게 분포해있으나 특히 서·남해안 지역을 중심으로 분포하고 있음
 - 생태·경제적 피해가 상대적으로 낮은 지역으로, 관광 피해에 대한 복구에 관심을 가질 필요가 있음

그림 8 산불 복구단계에서의 지역 유형 구분



출처: 저자 작성.

표 18 산불 복구단계에서의 지역 유형 구분 및 해당 지자체

군집	지역 유형	지자체	지자체 수
복구-1	전체 복구 필요	울산 울주군, 경기 남양주시, 파주시, 화성시, 광주시, 포천시, 가평군, 양평군, 강원 춘천시, 원주시, 강릉시, 홍천군, 횡성군, 충남 공주시, 경북 포항시, 경주시, 안동시	17
복구-2	생태·경제 복구 필요	부산 기장군, 대구 달성군, 인천 남동구, 서구, 강화군, 옹진군, 대전 동구, 세종시, 경기 안양시, 고양시, 용인시, 안성시, 양주시, 여주시, 연천군, 강원 삼척시, 영월군, 평창군, 정선군, 철원군, 화천군, 양구군, 인제군, 고성군, 양양군, 충북 충주시, 청주시, 옥천군, 충남 보령시, 서산시, 청양군, 전북 남원시, 완주군, 전남 여수시, 순천시, 나주시, 화순군, 경북 김천시, 영주시, 영천시, 상주시, 문경시, 군위군, 의성군, 청송군, 영양군, 영덕군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 예천군, 봉화군, 울진군, 경남 진주시, 김해시, 양산시, 창원시, 산청군, 함양군, 거창군, 함천군	61
복구-3	관광 복구 필요	서울 종로구, 중구, 용산구, 성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구, 부산 중구, 서구, 동구, 영도구, 부산 진구, 동래구, 남구, 북구, 해운대구, 사하구, 금정구, 강서구, 연제구, 수영구, 사상구, 대구 중구, 동구, 서구, 남구, 북구, 수성구, 달서구, 인천 중구, 동구, 연수구, 부평구, 계양구, 미추홀구, 광주 동구, 서구, 남구, 북구, 광산구, 대전 중구, 서구, 유성구, 대덕구, 울산 중구, 남구, 동구, 북구, 경기 수원시, 성남시, 의정부시, 부천시, 광명시, 평택시, 동두천시, 안산시, 과천시, 구리시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 이천시, 김포시, 강원 동해시, 태백시, 속초시, 충북 제천시, 보은군, 영동군, 진천군, 괴산군, 음성군, 단양군, 증평군, 충남 천안시, 아산시, 논산시, 계룡시, 당진시, 금산군, 부여군, 서천군, 홍성군, 예산군, 태안군, 전북 전주시, 군산시, 익산시, 정읍시, 김제시, 진안군, 무주군, 장수군, 임실군, 순창군, 고창군, 부안군, 전남 목포시, 광양시, 담양군, 곡성군, 구례군, 고흥군, 보성군, 장흥군, 강진군, 해남군, 영암군, 무안군, 함평군, 영광군, 장성군, 완도군, 진도군, 신안군, 경북 구미시, 경산시, 청도군, 울릉군, 경남 통영시, 사천시, 밀양시, 거제시, 의령군, 함안군, 창녕군, 고성군, 남해군, 하동군, 제주 제주시, 서귀포시	151

출처: 저자 작성.

04 산불 예방·대응·복구 단계별 정책 지원방안

1) 산불 예방단계에서 정책 지원방안

■ (예방-1 군집) 높은 기온·풍속 및 방화 유의 지역

- 남해안 일부 지역을 제외한 나머지 한반도 대부분 지역이 위치한 해당 군집은 높은 기온과 풍속, 그리고 방화를 중점 고려한 예방방안이 필요함
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 방화, 산불조심기간, 기상 관련 사항들이 군집 특성 상 효과적인 현재 정책으로 여겨짐

표 19 산불 예방-1 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명
방화	• 재난성 산불(인명·시설물) 우려지역의 조사(10개소)를 통한 합리적인 관리방안 마련
	• 주요 탐방로 통제 및 산불감시 인력 배치 등 취약지역 관리 강화
	• 산불 발생 요인 및 지역별 선제적 관리 강화
	• 산불 신고·접수 시 산림보호 특별사법경찰관(2021년 6월 1,339명)을 현장에 투입하여 원인자 검거활동 강화 및 과태료 부과 등 무관용 원칙 조치
	• 산불방지 위반사항 신고·포상금제도 활성화로 검거율 제고 및 대국민 경각심 고취
산불 조심 기간	• 산불조심기간, 기상 설정 및 산불방지대책본부 선제적 가동
	• 주요 시기별 「산불특별대책기간」 운영으로 산불 대비 철저
	• 산불진화장비, 산불조심기간 이전에 일제 정비 및 보강 완료
	• 산불인력은 채용기준 등 세부규정에 따라 산불조심기간 전(봄철 1월, 가을철 10월)까지 선발·배치
기상 관련 사항	• (시기) 산불이 집중되는 봄·가을철 집중홍보 및 산불 원인별 핵심 메시지를 중점 홍보하여 실효성 제고
	• (예측강화) 산악기상관측망 등 확충으로 산불확산예측시스템 정밀도를 제고
군집 해당 지역	• 기상 빅데이터를 활용한 통합 산불위험 계절중기예보 알고리즘 개발
	• (동해안) 대형산불 위험이 높은 동해안 일원에 광대역 무선 통신망을 기반으로 스마트 센서를 적용한 ICT 플랫폼 구축
	• (서울시 종로구) 서울시 북악산 본격 개방에 따른 산불감시 강화 및 조기대응 체계 구축

출처: 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 해당 군집이 특히 봄·가을철 기온과 풍속, 그리고 방화에 대한 설명력이 높은 만큼 관련 예방사항이 보다 논의되면 좋을 것으로 판단됨

[참고사례] 미국 '산불방화 강력 처벌'

- 2013년 미국 법원은 캘리포니아 산불로 5명의 인명피해를 낸 방화범에 사형을 선고
- 2017년 미국 법원은 장난삼아 폭죽을 던져 여의도 면적의 약 23배 산림을 태운 15세 소년에게 약 418억 원 배상 판결이라는 엄중한 처벌을 결정
- 2022년 4월 국내에서는 산불 가해자에 대한 솜방망이 처벌을 막고자, 산불에 대한 국민의 경각심을 높이기 위해 '산림보호법 개정안'을 발의한 바 있음

출처: 경향신문 2022.

■ (예방-2 군집) 낮은 강수·습도 유의 지역

- 남해안 지역에 주로 위치한 해당 군집은 낮은 강수와 습도, 방화를 제외한 산불 발생 원인을 중점 고려한 예방방안이 필요함
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 기타(군 관련 포함)/쓰레기 소각/건축물 화재/입산자 실화 등의 발생원인, 산불 조심 기간, 기상 관련 사항들이 군집 특성상 효과적인 현재 정책으로 여겨짐
- 해당 군집이 특히 봄철 강수와 습도, 그리고 발생 원인으로는 기타와 소각에 대한 사항이 설명력이 높은 만큼 관련 예방사항이 보다 논의되면 좋을 것으로 판단됨

[참고사례] 호주 '고도화된 화재 위험 등급'

- 호주는 2009년 이후 화재 경고 시스템의 등급을 3단계에서 6단계로 자세히 분류·고도화하고, 단계별 국민 행동 요령을 제시함
- 이 등급은 해당 지역의 온도와 습도, 바람, 건조 같은 기상 예보 자료를 기초로 산출하는 지표이며, 주(state) 내에서도 지역마다 각각 다를 수 있음
- 산불 조심 기간이 다가오거나 산불 발생 시 각 지역에 적용되는 화재 위험 등급을 매일 뉴스와 홈페이지, SNS 등으로 발표함으로써 지역 주민이 해당 지역의 산불 정보를 쉽게 습득하고 좀 더 일찍 대비할 수 있도록 환경 조성
- 이처럼 위험을 알리는 것은 지역 주민뿐 아니라 여행객에게도 중요한 대비정보로 작용

출처: 소방방재신문 2021.

표 20 산불 예방-2 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명
산불 조심 기간	• 산불조심기간, 기상 설정 및 산불방지대책본부 선제적 가동 • 주요 시기별 「산불특별대책기간」 운영으로 산불 대비 철저 • 산불진화장비, 산불조심기간 이전에 일제 정비 및 보강 완료 • 산불재난 ‘국가위기경보’, 위기경보 판단기준에 따른 적기에 발령 • 산불경보별 조치기준에 따라 상황근무 인원 증원, 산불 발생 취약지 감시인력 배치, 공무원 담당구역 지정 및 순찰, 단속활동 등 이행 • 범정부 제3차 미세먼지 계절관리제(2021년 12월~2022년 3월) 추진과 연계한 농촌 불법소각 방지 • 산불조심기간 산불방지 대응태세 점검 및 ‘국방부 산불재난 실무 매뉴얼’ 정비
	• 산불경보 ‘경계’ 이상 발령 시 불놓기 및 입산허가 중지, 소각행위 일절 금지, 군부대 사격훈련 중지 등 조치사항 이행 철저 • 산림과 주택·문화재 등 사이에 산불안전공간을 조성하여 일반화재 산불 간 전이예방 • 영농부산물 등 산림인접지 ‘인화물질 소각 허가제’ 폐지로 소각산불 원천 차단 • ‘소각산불 없는 녹색마을’ 캠페인을 통해 자발적 소각근절 동참 서약마를 확대 • 화목보일러로 인한 주택화재 전이 산불예방을 위해 화목난방기 사용매뉴얼에 따른 안전조치 이행 및 목재펠릿보일러로 교체(비용 70% 지원) 적극 지원 • 산불 발생 빅데이터를 토대로 실질적인 입산통제구역 재조정 및 통제강화 • 산불전문예방진화대·감시원으로 ‘인화물질제거반’을 구성하여 취약세대·지역 우선 제거 • 산불 발생 빈도가 높은 사격장 주변 완충지대 조성, 숲 가꾸기 사업 등 추진 • 산불 발생 요인 및 지역별 선제적 관리 강화 • 사법 사례 등의 언론홍보를 통해 산림 내 부주의한 불씨 취급에 대한 본인 책임의식 환기 • (개인별) 불특정 다수가 이용하는 시설 및 행사 등을 통해 자연스런 관심과 참여 유도 • (공동) 각종 행사시 산불방지 당부 및 마을방송 등을 통한 반복적 경각심 고취, 각 기관·단체 홈페이지에 산불예방 안내 및 홍보 • (농식품부·농촌진흥청) 새해 농업인 실용교육 시 산불조심 홍보 안내
발생 원인	
기상 관련 사항	• 미세먼지 저감 조치 발령 시 반드시 소각을 금지하고, 단속 실효성 제고를 위해 불법소각이 빈번한 시기·시간대 집중 추진 • 기상특보 및 산불위험지수에 따른 ‘사격훈련 통제지침’ 준수 • (예측강화) 산악기상관측망 등 확충으로 산불확산예측시스템 정밀도를 제고 • 기상 빅데이터를 활용한 통합 산불위험 계절·중기예보 알고리즘 개발

출처: 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

2) 산불 대응단계에서 정책 지원방안

■ (대응-1 군집) 발생 빈도 낮음 지역

- 충청북도 증평군이 위치한 해당 군집은 발생 빈도가 상대적으로 낮으나, 확산 속도는 빠른 편이기에 관련 대응지원이 필요함
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 확산 속도와 관련한 진화 및 첨단 대응 사항들이 군집 특성상 효과적인 현재 정책으로 여겨짐

표 21 산불 대응-1 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명
첨단 대응	• 지역별 산불방지대책본부에 ‘산림드론감시단’을 편성하여 사각지대에 집중 배치·운영 유지
확산속도	• 연중 발생하는 산불에 대응하기 위한 진화대원 2만 2천여 명의 신속한 대응 태세 • 비화 산불 확산조건 추정을 위한 물리실험 연구

출처: 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 해당 군집이 확산 속도가 빠르나 전반적으로 침엽수, 활엽수, 혼효림의 면적이 적은 만큼 내화수종 식재 등을 통해 타는 속도를 느리게 하여 확산 속도를 조정하는 방안도 고려해볼 수 있음(산림청 홈페이지 2006)
- 또한, 발생 횟수가 적다고 하여 주요 산불 취약지역의 감시 및 순찰 등 산불 관리에 소홀함이 생겨서는 안 될 것으로 판단됨

[참고사례] 미국 ‘알체라 FireScout’

- 미국 캘리포니아 산불 감시 시스템에 알체라에서 개발한 FireScout 탑재
- 300개 이상 카메라에서 AI 기반 연기 확산 패턴 등을 인식하여 야간에도 산불 감지 역량을 정확도 91%로 확보 가능
- 산불 감지 시 경도와 방위 정보를 제공하며 24시간 감지 가능
- 발화데이터 지속 학습으로 AI 엔진 성능 지속적으로 향상 중이며, 이는 초기 산불 발화 대응에 신속하게 대처 가능토록 도움

출처: 매일경제 2022.

■ (대응-2 군집) 발생 빈도 낮으나, 대형산불 가능성 높음 지역

- 지역적으로 다양하게 분포하고 있으나 주로 수도권과 전북 및 제주도를 중심으로 분포되어 있는 해당 군집은 발생 빈도는 낮지만, 확산 속도가 빠르고 동시에 발화 취약 정도도 높기에 대형 산불이 될 위험성이 높아 이를 고려한 대응지원이 필요함
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 수도권 대응, 신속 진화, 대형 산불 관련 사항이 군집 특성상 효과적인 정책으로 여겨짐

표 22 산불 대응-2 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명
신속 진화	• 초대형 헬기, 고성능 진화차 등 재해대응 첨단장비 확보
	• 신속한 산불 현장 투입을 위한 ‘산불대응센터’, 거점지역에 설치 및 운영 철저
	• 산불상황관제시스템 운영 및 산불 진화장비 현대화 확충
	• 개별 분산 비행에서 편대비행을 통한 집중 살수로 진화효율 제고
대형 산불	• 산불위험 ‘높음’ 이상 및 대형산불위험예보 발령지역의 산불 발생 시 신고 접수 즉시 산림헬기 출동태세 유지
	• 대형 산불 등 중요산불 산불 현장 통합지휘본부 등 운영상황 평가·분석
	• 대형 산불 방지 소나무 숲 연료관리 효과 분석 및 관리 기준 마련
군집 해당지역	• (수도권 지역) 수도권 야간산불 임무수행을 위한 수리온 헬기 조종 훈련 및 운용 확대

출처: 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 해당 군집이 산불 발생 빈도는 적더라도 대형 산불로 변질 위험도가 높은 지역인 만큼 산불 업무에 최우선이며, 지리나 장비운용능력 부분에서 탁월한 산불재난특수진화대(KBS NEWS 2020) 확대 배치 등의 사업 또한 보다 논의된다면 좋을 것으로 판단됨

[참고사례] 산림청 소속 ‘산불재난특수진화대’

- 산불재난특수진화대는 국·사유림 구분 없이 광역단위 산불에 대응하며, 대형 산불과 야간산불, 재난성 산불 진화가 주요 임무임
- 산불 발생 시 소방관이 마을로 내려오는 불 진화 및 주민보호 등 산 아래서의 활동을 담당 한다면, 이 특수진화대는 산에 올라가 불이 번지는 것을 막고 불길을 잡는 역할 수행
- 비슷한 역할을 하는 이들로는 ‘공중진화대’, ‘산불전문예방진화대’가 존재
- 최근 국내에서는 이와 같이 체계적 훈련을 받고, 산림 특성과 지형을 잘 아는 전문 진화 인력의 집중 양성과 처우개선 병행 필요성이 제기되고 있음

출처: 세계일보 2021; 조선일보 2022.

■ (대응-3 군집) 침엽수림 유의 지역

- 지역적으로 다양하게 분포하고 있으나 특히, 동해안 지역 중심으로 위치한 해당 군집은 발화 취약 정도가 가장 높아 산불에 취약한 침엽수림과 관련한 대응지원이 필요함
 - 또한, DMZ 접경지역을 다수 포함하고 있는 만큼 관련 대응지원 또한 고려할 필요가 있음
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 진화 취약요소 및 DMZ와 관련한 사항들이 군집 특성상 효과적인 정책으로 여겨짐

표 23 산불 대응-3 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명
진화 취약사항	• 종합적인 산림관리를 통해 산불재해에 강한 산림으로 확대 육성
	• (위험관리) 첨단안전장비 및 분석 소프트웨어의 도입으로 위험요소 사전분석 후 개선
	• 산림인접지 보호를 위한 야간산불 진화방법 개발
군집 해당지역	• DMZ 산불 대응을 위한 격납고 등 '산림항공관리소' 차질 없이 추진(2020~2023년)

출처: 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 해당 군집이 산불에 취약한 침엽수림에 유의가 필요한 만큼 내화수림대 조성 등 산불에 강한 숲 조성 확대 및 임도 확대가 보다 논의된다면 좋을 것으로 판단됨
 - 불에 강한 나무로는 우선 난대수종을 꼽을 수 있으며, 이 중 일부 나무는 해양성기후를 보이는 강원도 동해안까지 생육이 가능(문화재청 2010)

[참고사례] 일본 '방화림 조성'

- 일본에서는 산불확산 방지 및 피해 저감을 위해 지역별 산림 및 입지 환경에 맞는 방화수종을 선별하여 방화림을 조성
- 또한, 지자체별로 임도변을 따라 방화림을 조성하거나 방풍림에서의 방화수림대를 조성하여 방풍림을 산불로부터 보호

출처: 김동현·강영호·구교상·정성철 2012.

■ (대응-4 군집) 발생 빈도 높음 지역

- 지역적으로 다양하게 분포하고 있으나 주로 경기 북부 및 강원 영서 지역과 경남 일부 지역을 중심으로 위치한 해당 군집은 발생 빈도가 가장 높고, 특히 계절 중에서는 봄철, 요일 중에서는 수요일 발생의 확률이 높아 이를 고려한 대응지원이 필요함

- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 산불 발생 주요 시기 활용, 진화출동횟수 활용 운영, 산불 관제·전망 기반 대처 관련 사항이 군집 특성상 효과적인 정책으로 여겨짐

표 24 산불 대응-4 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명
산불 발생 주요 시기 활용	• 지역별 산불위험이 높은 특정 장소·시기·시간대 감시인력 집중투입 실효성 제고
	• (12월~4월 초) 불머리(火頭) 중심의 공중진화 이후 지상진화대가 확산 차단
	• (4월 중순~11월) 헬기 제대 편성 및 지상 전문진화대 적극 투입
출동 횟수 활용 운영	• 산불위험 조기경보 체계 기반 구축
	• 산불진화 출동횟수가 많은 산림항공관리소 위주로 공중진화대를 집중 배치하고, 권역별 대응 등 효율적으로 운영
	• 실시간 공중진화자원 배치 운영 프로그램 개발
산불 관제·전망 기반 대처	• 산불상황관제시스템 운영 및 산불 진화장비 현대화 확충
	• (대응강화) 산불위험예보시스템 예보기간을 연장(3일→1주 상반가→1달 하반기 단위)하여 강화된 산불 발생 전망에 따라 맞춤 대응력 향상
	• 산불위험 조기경보체계 기반 구축

출처: 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 특히, 해당 군집에 속하는 지역들을 중심으로 봄철과 수요일에 진화·감시 가용인력 및 헬기 더 집중 투입·배치·점검 고려 가능

53

[참고사례] 경기도 '봄철 산불 대응 총력방안'

- 2022년 당초 대형 산불 특별대책 기간에 맞춰 4월 17일까지 운영하려던 '산불방지 기동단속반'을 4월 30일까지로 연장 운영
- 경기도 전 실국 및 시군 참여로 단속반 수 11개 조에서 73개 조로 규모 대폭 확대
- 기동 단속 외에도 사회관계망서비스(SNS) 등을 통해 시군 등 관계기관과의 정보 공유 체계를 강화하고, 보고체계를 일원화·간소화해 신속하고 능률적인 대응 유도
- 임차 헬기 20대를 활용해 시군 경계를 가리지 않은 유기적 진화작업 및 산림청·소방서 중대형 헬기 지원 등을 받고 있음

출처: 경기북부타임즈 2022.

■ (대응-5 군집) 발생 빈도 높고, 대형산불 가능성 높음 지역

- 지역적으로 다양하게 분포하고 있으나 특히 서·남해안 지역을 중심에 분포하고 있는 해당 군집은 발생 빈도가 높고, 확산 속도도 빠르며 동시에 발화 취약 정도도 높기에 전반적으로 대형 산불이 될 위험성이 높기에 이를 고려한 대응지원이 필요함

- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 높은 산불 진화효율 제고, 대형 산불 대처, 첨단 대응, 진화 출동횟수 활용과 관련된 사항이 군집 특성상 효과적인 현재 정책으로 여겨짐

표 25 산불 대응-5 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명	출처
첨단 대응	• 초대형 헬기, 고성능 진화차 등 재해대응 첨단장비 확보	국정과제 (2022)
	• 산불상황관제시스템 운영 및 산불 진화장비 현대화 확충	
	• (위험관리) 첨단안전장비 및 분석 소프트웨어의 도입으로 위험요소 사전분석 후 개선	
진화효율 제고	• 개별 분산 비행에서 편대비행을 통한 집중 살수로 진화효율 제고	K-산불 방지 종합대책 (2022)
	• 신속한 산불 현장 투입을 위한 '산불대응센터', 거점지역에 설치 및 운영 철저	
대형 산불	• 산불위험 '높음' 이상 및 대형산불위험예보 발령지역의 산불 발생 시 신고 접수 즉시 산림헬기 출동태세 유지	
	• 대형 산불 등 중요산불 산불 현장 통합지휘본부 등 운영상황 평가·분석	
	• 대형 산불 방지 소나무 숲 연료관리 효과 분석 및 관리 기준 마련	
출동 횟수 활용 운영	• 산불위험 조기경보체계 기반 구축	
	• 산불진화 출동횟수가 많은 산림항공관리소 위주로 공중진화대를 집중 배치 하고, 권역별 대응 등 효율적으로 운영	
	• 실시간 공중진화자원 배치 운영 프로그램 개발	

출처: 제20대 대통령직인수위원회 2022; 산림청 2022c의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 추가로 국내에서는 대형 산불에 효과적으로 대응하기 위해서 산불의 확산경로를 정확하게 예측하는 것 또한 중요하게 다루고 있음(대한민국 정책브리핑 2021)
 - 국립산림과학원은 발화지의 위치와 지형, 임상, 기상 조건 등의 자료를 활용하여 시간대별로 산불확산 경로를 예측한 뒤 GIS상에서 보여주는 '산불확산예측시스템'을 구축·운영 중
- 해당 군집이 빈도가 높고, 대형 산불이 될 위험도 큰 지역인 만큼 ICT 등 첨단기술을 활용한 대응이 필요할 것으로 여겨짐(에너지데일리 2022)

[참고사례] 미국 '소방 로봇'

- 미국 로봇회사 '하우엔드하우'는 소방 로봇 '터마이트 RS3' 개발
- 해당 로봇은 1분에 9,500L의 물을 뿜어내는 강력한 물대포를 가졌으며, 기존 소방 호스의 10배 속도에 달하여 소방관 접근이 어려운 곳까지 진입 가능
- 2020년 미국 LA 소방서는 해당 로봇을 도심 대형 화재 진압 현장에 처음으로 투입
- RS3가 대형 산불에서 소방관의 생명을 지키는 로봇으로서 화재를 안전하게 진화하는 데 도움이 될 것으로 기대하고 있음

출처: 연합뉴스 2020; 동아사이언스 2022.

3) 산불 복구단계에서 정책 지원방안

■ (복구-1 군집) 전체 복구 필요 지역

- 경기·강원·경북 일부 지역 중심에 분포한 해당 군집은 상대적으로 대형 피해지역인 동시에 생태·경제·관광 모든 측면을 고려한 복구 지원이 필요한 지역으로 판단됨
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 '산림의 6대 기능³⁾에 따른 산불피해지 복원', '대형 산불 피해지는 정밀조사를 실시하여 복구계획을 수립하고 재난방지 차원에서 별도 예산을 확보하여 복구'와 '대규모 피해지역 등에 대하여 중앙산불전문조사반에 의뢰 공동 조사'가 군집 특성상 적합한 정책으로 여겨짐
 - 또한, '복구 조림', '산불 피해목 활용 방안', '송이숲 복원 등 주민소득에 관한 사항', '규모별 산림소득 시범단지 조성 가능 고소득 유망 유실수 및 조경수 제시' 등 정책 대부분이 복합적으로 적용되면 효과적으로 작용할 것으로 여겨짐

표 26 산불 복구-1 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명	출처
피해지 파악	• 대규모 피해지역, 민·형사 사건 우려지역 등은 중앙산불전문조사반에 의뢰 공동 조사	K-산불방지 종합대책 (2022)
	• 대형 산불 피해지는 정밀조사를 실시하여 복구계획을 수립하고 재난방지 차원에서 별도 예산을 확보하여 복구	산림청 전문자료 (2006)
	• 산림의 6대 기능에 따른 산불피해지 복원 방안	
생태·경제·사회	• 산불 피해목 활용 방안	산림청 보도자료 (2022)
	• 복구수종 선정 및 내화수림대 조성 등 복구조림에 관한 사항	
	• 복구조림을 위한 양묘계획	
생태	• 맹아 지체부 절단으로 건전 맹아 발생 유도	국립산림과학원 (2006)
	• 내화수림 조성	
	• 생태사업(보완식재, 식생유입 등)	
	• 사방복구 및 응급사방복구	
	• 부분 또는 모두벌채	
	• 피해목 존치	
경제	• 규모별 산림소득 시범단지 조성 가능 고소득 유망 유실수 및 조경수 제시	
	• 경제수 조림	
	• (송이복원조림) 송이숲 복원 등 주민소득에 관한 사항	
관광	• 경관림 조림	

출처: 산림청 2022c; 산림청 전문자료 2006; 산림청 2022e; 국립산림과학원 2006의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

3) 산림청에서는 산림의 6대 기능을 산림의 기능을 수자원 함양, 산림재해방지, 자연환경보전, 목재생산, 산림휴양, 생활환경 보전으로 구분하고 있음(대한민국 정책브리핑 2014).

- 해당 군집이 대형 피해지역인 만큼 생태·경제·관광 측면의 복구뿐 아니라 국내 산불 복구 관련 정책에서 다소 부족하게 여겨지는 이재민 구호와 피해민 정서적 지원 등의 사업도 보다 논의된다면 좋을 것으로 판단됨

[참고사례] 캘리포니아 ‘산불피해 주민 지원방안’

- 이재민에 대한 임시대피소 운영과 구호물자의 배부는 해당 시 정부와 적십자사, 자원 봉사단체에서 담당
- 재해로 피해를 본 공공시설에 대해서는 해당 자치단체에서 부담하고 개인 피해는 각자가 가입해 둔 보험으로 처리
- 구호의 범위도 임시숙소를 제공하거나 전기, 물, 식량 등을 제공하는 것에 그치지 않고 샤워장, 농구장, 게임장, 인터넷 시설까지 설치
- 피해 주민들에게 정신과 상담 제공 등 그 밖의 다양한 물리적·정서적 서비스 제공

출처: 대한민국 정책브리핑 2007.

[참고사례] 울진군 현종산 ‘2007년 대형산불지역의 풍력발전단지화’

- 현종산 풍력발전단지 조성은 2007년 대형 산불로 현종산을 비롯한 국유림 등 30여ha가 피해를 보자 울진군은 복구 모델로 이를 제시함
- SK디앤디가 투자했으며, 해당 풍력발전단지는 2022년 기준 53.4MW 용량으로 약 3만 가구에 전력을 공급하고 있음
- 풍력단지는 관광단지로도 활용할 수 있기에 포토존이 마련되어 있기도 하고, 임도를 따라 새로 심은 작은 나무들이 자라고 있음

출처: 환경운동연합 2022; 경향신문 2016.

■ (복구-2 군집) 생태·경제 복구 필요 지역

- 지역적으로 다양하게 분포해있으나 특히 동해안 지역을 중심으로 위치한 해당 군집은 관광객 수가 상대적으로 낮고, 생태·경제적 피해가 상대적으로 높은 편이라 생태·경제적 피해 복구 지원이 필요함
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 ‘복구 조림’, ‘송이숲 복원 등 주민소득에 관한 사항’, ‘산불 피해목 활용 방안’, ‘규모별 산림소득 시범단지 조성 가능 고속도로 유실수 및 조경수 제시’ 등이 군집 특성상 효과적일 것으로 여겨짐

표 27 산불 복구-2 군집 관련 현 정책 목록

구분	정책명	출처
생태	• 일반 산불피해지는 산불 발생 2~3년 지나 산림생태계가 회복된 후에 조림계획에 반영 복구 조림	산림청 전문자료 (2006)
	• 복구수종 선정 및 내화수림대 조성 등 복구조림에 관한 사항	산림청 보도자료 (2022)
	• 복구조림을 위한 양묘계획	
	• 피해목 존치	국립산림 과학원 (2006)
	• 맹아 지제부 절단으로 건전 맹아 발생 유도	
	• 경제수 조림	
	• 내화수림 조성	
	• 생태사업(보완식재, 식생유입 등)	
	• 사방복구 및 응급사방복구	
	• 부분 또는 모두벌채	
경제	• 규모별 산림소득 시범단지 조성 가능 고소득 유망 유실수 및 조경수 제시	
	• 경제수 조림	
	• (송이복원조림) 송이숲 복원 등 주민소득에 관한 사항	

출처: 산림청 전문자료 2006; 산림청 2022e; 국립산림과학원 2006의 내용을 바탕으로 저자 재정리.

- 이 밖에도 산불에 따른 생태적 피해와 경제적 피해를 함께 복구해나갈 수 있는 지원이 적
용·논의되면 좋을 것으로 판단됨

[참고사례] 울진군 '산불 피해복구 및 지역경제 조기 활성화 TF'

- 경상북도는 산불에 따른 울진군 산림 피해복구와 함께 지역에 일자리, 레저, 관광이
복합된 새로운 산림 경영모델을 개발 예정
- 해당 TF는 총괄조정, 주택·마을 재생, 농어업재생, 산림개발, 관광개발, 투자유치로
세부 반 구성을 이룸
- 단순히 피해복구를 넘어 지역경제 신성장 동력 창출을 함께 추진 도모

출처: 연합뉴스 2022.

[참고사례] 강원도 '산불 피해목 친환경 에너지원으로 재탄생'

- 한국동서발전이 강원도 산불 피해목을 친환경 연료로 본격 사용 결정
- 동해 바이오 화력 본부에 1차로 강원도 산불 피해목을 자원화한 목재칩 1만 톤 도입 예정
- 산불 피해목은 기존에 산림자원 폐기물로 매몰 비용을 발생시키고, 방치로 인하여 2차 산불요인 및 환경문제 우려를 안고 있었음
- 산불 피해목을 발전용 연료로 사용함에 따라 산불 2차 피해 예방, 산림자원 재활용, 지역사회 신규 소득원 효과 기대
- 또한, 목재칩 제조공정에 산림조합중앙회가 참여해 지역경제 활성화에도 도움이 될 것으로 보임

출처: 에너지데일리 2020.

■ (복구-3 군집) 관광 복구 필요 지역

- 지역적으로 다양하게 분포해있으나 특히 서·남해안을 중심으로 위치한 해당 군집은 생태·경제적 피해가 상대적으로 낮고, 관광객 수가 상대적으로 높은 편이라 관광 피해복구 지원이 필요함
- 현재 논의되고 있는 정책 방안으로는 '경관림 조립'(국립산림과학원 2006) 등이 군집 특성상 효과적일 것으로 여겨짐
- 이 밖에도 관광을 넘어 산불에 따른 사회적 피해 지원사업이 현재 논의되고 있는 산불 관련 정책 방안에서 상대적으로 부족하므로 보다 적용·논의된다면 좋을 것으로 판단됨

[참고사례] 호주 '산불에 따른 관광산업 타격 지원방안'

- 산불로 인한 100만 건 이상의 여행 취소로 관광산업이 큰 타격을 입었으며, 정부에서 다양한 관광 독려 캠페인을 진행하고 있음
- 호주 정부에서 7,600만 호주 달러의 예산을 투자하고, 다양한 마케팅을 진행해 지방 도시, 호텔, 레스토랑, 카페, 여행사 등을 지원할 계획
- 산불 피해복구를 위해 투입되고 있는 예산을 통해 공공 인프라 건설과 헬스케어, 소방 안전 산업 등은 혜택을 볼 것으로 전망

출처: 강지선 2020.

05 결론

- 산불의 주요 발생원인, 빈도 및 시기, 기상 상황, 피해 면적, 피해 금액, 인명피해 등 현황마다 두드러지는 지역이 다르게 나타남
- 산불 관리는 지역별 특성을 고려해야 하며, 예방·대응·복구 등의 단계 중 어느 하나에 치중하지 않고 단계별로 모두 고려된 접근일 때 효과적임
- 이 페이퍼는 위와 같은 배경에 따라 산불 관리단계별로 관련 요인을 정밀하게 진단하고 그 특성이 두드러지는 지역을 유형화하는 군집분석을 실시하였음
 - 산불 예방단계는 (예방-1 군집) 높은 기온·풍속 및 방화 유의 지역과 (예방-2 군집) 낮은 강수·습도 유의 지역으로 유형화
 - 산불 대응단계는 (대응-1 군집) 발생 빈도 낮음 지역, (대응-2 군집) 발생 빈도 낮으나, 대형산불 가능성 높음 지역, (대응-3 군집) 침엽수림 유의 지역, (대응-4 군집) 발생 빈도 높음 지역, (대응-5 군집) 발생 빈도 높고, 대형산불 가능성 높음 지역으로 유형화
 - 산불 복구단계는 (복구-1 군집) 전체 복구 필요 지역, (복구-2 군집) 생태·경제 복구 필요 지역, (복구-3 군집) 관광 복구 필요 지역으로 유형화
- 이 페이퍼는 산불 발생 및 피해 관련 특성에 기초하여 산불 관리단계별로 지역 유형과 산불 관련 대책을 연계함으로써 지역 맞춤형 산불 관리의 실마리를 제공하고자 하였음
 - 산불 예방·대응·복구단계별로 제안된 지역의 유형과 지원방안은 향후 지역별 산림기본 계획 및 산불방지대책 수립 시 고려사항으로써 활용 가능
 - 그러나 데이터 수집 등의 한계로 기상 상황, 관광객 수, 침엽수·활엽수·혼효림 면적 비율 등을 단연도 수치만을 적용함에 따라 산불 특성에 대한 시간적 고려가 일부 부족하였음
 - 또한, 현재 이 페이퍼에서 제시된 산불 예방단계에서 수집된 지표들과 대응단계에서 산불 강도를 나타내는 지표, 그리고 복구단계에서 관광 측면을 나타내는 지표가 그 특성을 다 설명할 수 있다고 보기는 무리가 있으므로 향후 추가적인 지표의 보완·수집이 필요함

참고문헌

- 강유진·박수민·장은나·임정호·권춘근·이석준. 2019. 기상 예보 및 위성 자료를 이용한 우리나라 산불위험지수의 공간적 고도화. 한국지리정보학회지 22권, 4호: 116-130.
- 강지선. 2020. 호주 산불 위기, 어떻게 대응하고 있나. Kotra 해외시장뉴스.
https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=410&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=180180 (2022년 6월 14일 검색).
- 경기북부탐뉴스. 2022. 경기도, 봄철 산불 대응 총력...기동단속반 확대, 홍보 활동 강화.
<https://www.gbtopnews.net/news/articleView.html?idxno=80781> (2022년 6월 15일 검색)
- 경향신문. 2022. 미국은 산불 낸 사람에게 사형까지 선고...한국은?.
<https://www.khan.co.kr/national/national-general/article/202204251007001> (2022년 6월 16일 검색).
- 경향신문. 2016. 산불 피해 딛고 풍력단지...울진 현종산에 신바람.
<https://www.khan.co.kr/economy/economy-general/article/201612072137005/?amp;code=920100&cr=zum> (2022년 9월 2일 검색).
- 곽재환·방건준·김만일. 2020. 대형 산불사례 분석을 통한 산불대응 의사결정지원정보체크리스트 개발. Crisisonomy 16권, 11호: 21-30.
- 곽한빈·이우균·이시영·원명수·구교상·이병두·이명보. 2010. 우리나라 산불 발생의 원인별 공간적 특성 분석. 한국임학회지 99권, 3호: 259-266.
- 구교상·이명중·신만용. 2010. 동해안 산불피해지 복구를 위한 산림생산력의 추정. 한국농림기상학회지 12권, 1호: 36-44.
- 구교상. 2007. 우리나라의 산불특성. 우리들 숲. 제 20호. 3-6.
- 국립산림과학원. 2006. 건전한 자연생태계 복원 및 항구적인 산림복구를 위한 산불피해지 복구 매뉴얼. 서울: 국립산림과학원.
- 국립재난안전연구원. 2022. 산불 정의. <https://www.ndmi.go.kr/promote/knowledge/nature.jsp?link=7> (2022년 6월 14일 검색).
- 권설아·류상일·김지은·이재은. 2016. 한국의 광역 지방정부 재난관리 조직의 효율적 운영방안 - 재난관리 조직구조 분석을 중심으로 -. Crisisonomy 12권, 5호: 13-24.
- 권유진·안새결·이동근·윤은주·성선용·이기승. 2018. 열수지를 활용한 서울시 열환경 개선을 위한 공간유형화. 국토계획 53권, 7호: 109-126.
- 권춘근·이시영·이해평. 2012. 삼척시의 산불 발생 및 피해 분석. 한국화재소방학회 학술대회 논문집: 444-447.
- 기상청 기상자료개발포털. 2022. 종관기상관측(ASOS) 자료.
<https://data.kma.go.kr/data/grnd/selectAsosRltnList.do?pgmNo=36> (2022년 5월 26일 검색).
- 김동현·강영호·구교상·정성철. 2012. 국외 산불 방화림 조성 및 방화선 구축 사례연구 -일본 사례를 중심으로-. 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집: 488-491.

김문일·곽한빈·이우균·원명수·구교상. 2011. 우리나라 산불 발생의 지역별 공간자기상관성에 관한 연구. 대한공간정보학회지 19권, 2호: 29-37.

김중양. 2004. 행정이슈 : 대구지하철 참사수습과 재난관리대책. 행정포커스 2004-1호. 서울: 한국행정연구원.

대한민국 정책브리핑. 2007. 캘리포니아 산불과 국가위기 관리.
<https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148643895> (2022년 5월 3일 검색).

대한민국 정책브리핑. 2014. 산림청, 산지의 산림기능구분도 제작 서비스.
<https://www.korea.kr/news/policyBriefingView.do?newsId=148787163> (2022년 6월 16일 검색).

대한민국 정책브리핑. 2021. 기후위속 과학적 산불 대응 전략. '산불화산예측시스템'을 구축·운영 중.
<https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=156470061> (2022년 6월 15일 검색).

동아사이언스. 2022. 규모 커진 산불 재난 현장서 활약하는 스마트 소방 기술.
<https://m.dongascience.com/news.php?idx=53021> (2022년 6월 15일 검색).

동해안산불피해지공동조사단. 2000. 동해안 산불지역 정밀조사 보고서. 서울: 임업연구원.

두산백과. 2022. 임상. <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1136900&cid=40942&categoryId=31884> (2022년 5월 26일 검색).

류상일. 2008. 지방자치단체의 재난대응 네트워크 분석. 한국지방자치학회보. 20권, 1호: 53-70.

매일경제. 2022. [MK TECH REVIEW] 사람보다 빠르게 연기 감지...매의 눈 'AI 파수꾼'.
<https://www.mk.co.kr/news/it/view/2022/03/284773/> (2022년 6월 15일 검색).

문화재청. 2010. 수행자들의 복색지혜, 사찰의 방화수렴대.
https://www.cha.go.kr/cop/bbs/selectBoardArticle.do?nttd=5953&bbsId=BBSMSTR_1008&mn=NS_01_09_01 (2022년 6월 15일 검색).

박홍석·이시영·채희문·이우균. 2009. 캐나다 산불 기상지수를 이용한 산불 발생확률모형 개발-강원도 지역 산불 발생을 중심으로. 한국방재학회논문집 9권, 3호: 95-100.

배미란·채희문. 2019. 한국의 지역별 산불 발생 원인 특성 분석. 한국의 지역별 산불 발생 원인 특성 분석. J. Korean Soc. Hazard Mitig 19권, 7호: 305-313.

산림청. 2018. [산림복지] 산촌 현황(읍면 리스트).
https://www.forest.go.kr/kfswb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?nttl=3121044&bbsId=BBSMSTR_1069&pageIndex=1&pageUnit=10&searchTitle=title&searchCont=&searchKey=&searchWriter=&searchDept=&searchWrdr=%EC%82%B0%EC%B4%8C+%ED%98%84%ED%99%A9&ctgryLrcls=&ctgryMdcls=&ctgrySmcls=&ntcStartDt=&ntcEndDt=&orgId=&mn=NKFS_06_09_01 (2022년 6월 2일 검색).

산림청. 2022a, 산불피해현황,
https://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxMainPrint.do?idx_cd=1309&board_cd=INDEX_001 (2022년 5월 26일 검색).

_____. 2022b. 예년(11~21) 산불피해대장. 대전: 산림청.

_____. 2022c. 2022년도 K-산불방지 종합대책. 대전: 산림청.

- _____. 2022d. 산불의 원인 및 영향.
https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_02_01_03_01&cmsId=FC_001153 (2022년 5월 26일 검색).
- _____. 2022e. 대형산불 피해지역 복원방향 논의 본격화. 4월 29일, 보도자료.
- 산림청 전문자료. 2006. 최근 3년간 전국 산불 피해지역 복구대책 및 복구추진실적.
<https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=17163> (2022년 6월 15일 검색).
- 산림청 홈페이지. 2006. 내화수림, 임도로 산불을 막을 수 있나요?
https://huyang.forest.go.kr/kfswweb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?nttId=2779316&bbsId=BBSMSTR_1125&pageIndex=8&pageUnit=10&searchTitle=title&searchCont=&searchKey=&searchWriter=&searchDept=&searchWrd=&ctgryLrcls=&ctgryMdcls=&ctgrySmcls=&ntcStartDt=&ntcEndDt=&orgId=&mn=NKFS_01_01 (2022년 6월 15일 검색).
- 성선용·이동근·김지연. 2015. Landsat영상을 활용한 동해안 산불지역의 복원방법에 따른 식생변화 모니터링. 한국조경학회 2015년도 추계학술대회 논문집(한국조경학회):15-16.
- 세계일보. 2021. 산불 진화의 숨은 영웅 '특수진화대'... 그들은 누구인가? 2월 23일,
<https://www.segye.com/newsView/20210222516048> (2022년 6월 16일 검색).
- 소방방재신문. 2021. 호주의 산불 위험 관리. 5월 20일, <https://www.fpn119.co.kr/157625> (2022년 6월 16일 검색).
- 안중호·박철우·서정수. 2004. 재난 관리 정보 시스템 향상 방안에 관한 연구: 국가 안전 관리 정보 시스템을 중심으로. 경영정보논총. 14.
- 양기근. 2004. 재난관리의 조직학습 사례 연구: 세계무역센터 붕괴와 대구지하철 화재를 중심으로. 한국행정정보 38권, 6호: 47-70.
- 염태수·구원화·백민호. 2017. 산불현장 대응역량 강화를 위한 실태조사 연구. 한국재난정보학회 학술발표대회: 117-118.
- 에너지데일리. 2020. 산불 피해목 '친환경 에너지원'으로 재탄생한다. 4월 6일,
<http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=107438> (2022년 6월 14일 검색).
- _____. 2022. '대형산불, 첨단기술 및 통합된 플랫폼 필요하다'. 5월 16일,
<https://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=127760> (2022년 6월 15일 검색).
- 연합뉴스. 2020. 분당 9천400ℓ 분사...미 소방로봇, LA 빌딩 화재 진압에 첫 투입. 10월 15일,
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20201015028100075> (2022년 6월 15일 검색).
- 연합뉴스. 2022. 울진 산불 피해지 레저시설 등 유치...경북도 TF 구성. 4월 14일,
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20220414124200053> (2022년 6월 14일 검색).
- 오마이뉴스. 2022. 동해안 대형 산불의 진짜 원인, 산림청은 정말...[최병성 리포트]. 4월 18일,
<https://news.v.daum.net/v/20220418060301328> (2022년 5월 3일 검색).
- 원명수, 김경하, 이상우. 2013. 산불피해강도의 정량적 평가기법 개발 및 피해특성 구명. 연구보고 13-37. 서울: 국립산림과학원.
- 윤여창. 2000. 산불에 의한 사회·경제적 손실 평가: 2000년도 동해안 산불의 경우를 중심으로. 산림임학회지 8권, 2호: 72-81.

- 윤은주. 2020. 미세먼지 농도의 변화 추세를 고려한 지역 유형 구분. 위경페이퍼 20-02. 세종: 국토연구원.
- 이경재. 2000. 산불로 인해 동해안지역 생태계 복원. 자연보존 110호: 42-48.
<http://www.kacn.org/data/nature/711007.pdf>
- 이명옥·이시영·이종호. 2012. 산불통계로 본 우리나라의 산불특성 연구. 한국방재학회지 12권, 5호: 185-192.
- 이병두·이명보. 2009. 1991년부터 2007년까지 산불의 공간적 특성, 한국화재소방학회 논문지 12권, 1호: 15-20.
- 이시영. 2009. 산불과 기상. 한국방재학회지 9권, 2호: 19-23.
- 이시영·이해평. 2006. 한국의 산불 발생 실태분석. 한국화재소방학회지 20권, 2호: 54-63.
- 이재근·김준수·이영근. 2007. 산불피해지역 복구를 위한 정부지원이 지역경제에 미치는 파급효과 분석. 한국산림과학회지 96권, 3호: 338-347.
- 재난안전연구소. 2018. 고령화시대의 재난안전망 구축방안. 특별연구 2018-02. 희망브리지 한국재해구조협회.
https://relief.or.kr/file/board/researchreport/7145900b6e1bd4f01269a9a2e0cc342d_+++.pdf (2022년 6월 1일 검색)
- 전근우·이시영·임영협. 2007. 일본 가가와현 산불피해지의 복구대책. 한국방재학회 학술대회 논문집: 238-241.
- 전보람·채희문. 2017. 한국의 산불 발생과 기상인자와의 관계 분석에 관한 연구. 한국방재학회지 17권, 5호: 197-206.
- 정영석·박정민. 2012. 산불 예측 모델링에 관한 연구. 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집 20권, 1호: 199-200.
- 정호근·안현진·이상민. 2017. 효과적인 산불관리를 위한 개선과제. KREI 농정포커스 제146호. 나주: 한국농촌경제연구원.
- 제20대 대통령직인수위원회. 2022. 윤석열정부 110대 국정과제. file:///C:/Users/20190023/Downloads/%EC%9C%A4%EC%84%9D%EC%97%B4%EC%A0%95%EB%B6%80%20110%EB%8C%80%20EA%B5%AD%EC%A0%95%EA%B3%BC%EC%A0%9C.pdf
- 조선일보. 2022. [기고] 늘어나는 초대형 산불... 더 많은 투자와 '통합 관리' 필요. 4월 22일,
<https://www.chosun.com/national/transport-environment/2022/04/22/XXLNDZPPS5CH3LRSHSBJLKD.VIE/> (2022년 6월 15일 검색).
- 채경재·이유리·조용주·박지현. 2018. 머신러닝과 샘플링을 이용한 강원도 지역 산불 발생예측모형 개발. 한국빅데이터학회지 3권, 2호: 71-78.
- 채진. 2009. 유비쿼터스 정보기술이 재난관리 효과성에 영향을 미치는 요인 분석. Crisisonomy 5권, 1호 13-26.
- 한국관광 데이터랩. 2022. 2020년 지역별 방문자수.
<https://datalab.visitkorea.or.kr/datalab/portal/bda/getMetcoAna.do> (2022년 5월 17일 검색).
- 한라일보. 2022. [열린마당] 제주의 보물, 산림을 지키자. 3월 31일,
<http://m.ihalla.com/article.php?aid=1648652400723305099> (2022년 5월 26일 검색).
- 한아름. 2020. 산불대응체계 개선방안. 자치경찰연구 13권, 1호: 71-92.
- 한우석·이병재·조만석·정영희·김태훈·라정일. 2019. 대형재해에 대비한 도시복합재난 관리방안 연구: 재난관리지도 구축 및 활용을 중심으로. 기보 19-08. 세종: 국토연구원.

행정안전부. 2019. 2019 강원 동해안 산불백서. 세종: 행정안전부.

환경운동연합. 2022. [현장기사] 울진-삼척 산불 현장 답사 : 7번 국도의 위험한 에너지 벨트를 따라서. 3월 23일, <http://kfem.or.kr/?p=225292> (2022년 9월 2일 검색).

Cocke A. E., Fulé P. Z. and Crouse J. E. 2005. Comparison of burn severity assessments using differenced normalized burn ratio and ground data. *International Journal of Wildland Fire* 14, no.2: 189-198.

Flannigan M. D., Stocks B. J. and Wotton B. M. 2000. Climate change and forest fires. *Science of the Total Environment* 262, no.3: 221-229.

Janssens W., De Pelsmacker P., Wijnen K. and Van Kenhove P. 2008. *Marketing research with SPSS. Upper Saddle River*. NJ: Prentice Hall.

KBS NEWS. 2020. 대형산불 막는 '특수진화대'...제주에만 없어. 5월 20일, <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4451056> (2022년 6월 15일 검색).

Key C. H. and Benson N. C. 2002. Fire effects monitoring and inventory protocol-landscape assessment. USDA Forest Service Fire Science Laboratory. Missoula. MT: 1-16.

_____. 2006. Landscape Assessment. In *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System*. Lutes D.C., Keane R.E., Caratti J.F., Key C.H., Benson N.C., Sutherland S. and Gangi L.J. eds. USDA Forest Service. Rocky Mountain Research Station. General Technical Report RMRS-GTR-164-CD. LA-1-55. (Fort Collins, CO).

KOSIS. 2021a. <2020> 06.개인 토지의 지목별 현황 시군구 (국토부 「토지소유현황」). https://stat.kosis.kr/nsibsHtmlSvc/fileView/FileStbl/fileStblView.do?in_org_id=116&in_tbl_id=DT_110013_FILE2020 (2022년 5월 17일 검색).

_____. 2021b. 2020 행정구역별 산림기능별 면적 및 축적 (산림청 「산림기본통계」). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=136&tblId=DT_13601_A007&conn_path=I3 (2022년 5월 17일 검색).

_____. 2021c. 2020 행정구역별 임상별 면적 및 축적 (산림청 「산림기본통계」). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=136&tblId=DT_136001_9643&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F23_2015&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE (2022년 5월 17일 검색).

_____. 2022a. 12-21 피해액, 인명피해 산불피해 현황 (산림청 「산불통계」). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=136&tblId=TX_13601_A020&conn_path=I3 (2022년 5월 17일 검색).

_____. 2022b. 산불피해 현황 (산림청 「산불통계」). https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=136&tblId=TX_13601_A020&conn_path=I3 (2022년 5월 26일 검색).

Roy D. P., Boschetti L., Trigg S. N.. 2006. Remote sensing of fire severity: Assessing the performance of the normalized burn ratio. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 3, no.1: 112-116.

Van Wagtenonk J. W., Root R. R. and Key C. H. 2004. Comparison of AVIRIS and landsat ETM detection capabilities for burn severity. *Remote Sensing of Environment* 92, no.3: 397-408.

Wotton B., Martell D. and Logan K. 2003. Climate change and people-caused forest fire occurrence in ontario. *Climatic Change* 60, no.3: 275-295.

[법률]

산림보호법 (법률 제18023호, 2021. 4. 13. 일부개정).

산불관리통합규정 [별표3] 산불 발생 및 피해보고 요령 (산림청훈령 제1384호, 2018.12.27. 일부개정).

부록

부표 1 요인분석 결과_산불 예방단계

변수	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	RC6	RC7	h2 (각 변수의 공통성)	u2 (고유분산)	com
건축물 화재	-0.23	-0.06	-0.05	0.73	0.03	-0.06	0.08	0.61	0.394	1.3
기타	-0.07	-0.16	-0.13	0.81	-0.03	-0.12	0.1	0.74	0.264	1.2
입산자 실화	-0.14	-0.05	-0.06	0.7	-0.05	-0.11	0.18	0.57	0.434	1.3
쓰레기 소각	-0.09	-0.05	0.03	0.79	-0.08	-0.04	-0.09	0.65	0.35	1.1
논·밭두렁 소각	-0.04	0	0.16	0.76	-0.12	0	-0.26	0.69	0.308	1.4
성묘객 실화	-0.09	0.01	0.19	0.5	-0.1	-0.02	-0.04	0.3	0.698	1.5
담뱃불 실화	-0.02	-0.07	0.02	0.67	0.04	0.03	0.03	0.45	0.548	1
어린이 불장난	-0.03	0.02	-0.1	0.01	0.02	-0.2	0.39	0.2	0.797	1.7
방화	0.15	0.07	-0.17	0.17	-0.09	0.04	0.19	0.13	0.87	4.8
봄철 평균기온	0.15	0.88	-0.27	-0.13	0.09	0.11	0.19	0.95	0.05	1.5
봄철 평균최고기온	-0.47	0.76	-0.17	0.09	-0.26	0.11	0.13	0.93	0.074	2.2
봄철 평균상대습도	0.11	-0.07	0.92	0.09	0.07	-0.07	-0.01	0.88	0.116	1.1
봄철 최소상대습도	0.4	0.3	0.56	0.03	-0.09	-0.22	0.14	0.64	0.364	3.1
봄철 평균풍속	0.34	0.22	0.42	-0.01	0.62	0.28	-0.16	0.84	0.155	3.4
봄철 최대풍속	0.32	0.31	0.37	0.04	0.61	0.3	-0.09	0.8	0.201	3.5
봄철 월합강수량	0.96	0.01	-0.06	-0.16	0.06	-0.08	-0.02	0.97	0.03	1.1
봄철 일최다강수량	0.9	-0.06	0.19	0	-0.07	0.13	0.03	0.88	0.121	1.2
여름철 평균기온	-0.25	0.71	-0.35	-0.23	-0.17	-0.12	-0.14	0.81	0.186	2.3
여름철 평균최고기온	-0.6	0.55	-0.29	-0.01	-0.35	-0.14	-0.12	0.91	0.094	3.3
여름철 평균상대습도	0	-0.15	0.85	0.08	0.16	0.22	0.01	0.82	0.18	1.3
여름철 최소상대습도	0.3	0.05	0.73	-0.08	0.12	0.16	0.14	0.7	0.302	1.6
여름철 평균풍속	-0.03	0.19	0	-0.18	-0.06	0.84	0.04	0.79	0.212	1.2
여름철 최대풍속	0.2	0.21	0.04	-0.16	0.11	0.8	0.02	0.77	0.234	1.4
여름철 월합강수량	0.89	0.07	-0.11	-0.26	0.14	0	0.04	0.9	0.102	1.3
여름철 일최다강수량	0.88	0.05	0.25	-0.14	0.12	0.09	-0.03	0.88	0.124	1.3
가을철 평균기온	0.52	0.71	-0.01	-0.24	0.29	0.09	0.06	0.93	0.075	2.6
가을철 평균최고기온	0.16	0.91	0.12	-0.07	0.1	0.25	0.08	0.96	0.04	1.3
가을철 평균상대습도	-0.52	-0.25	0.7	0.21	-0.2	-0.09	-0.08	0.92	0.083	2.6
가을철 최소상대습도	0.38	0.2	0.59	-0.18	-0.1	-0.42	-0.09	0.76	0.236	3.3
가을철 평균풍속	0.06	-0.08	-0.07	-0.12	0.87	-0.05	0.15	0.81	0.19	1.1
가을철 최대풍속	0.15	0.14	-0.11	-0.19	0.84	-0.02	0.24	0.86	0.145	1.5
가을철 월합강수량	0.94	0.04	-0.1	-0.17	0.15	-0.1	0.04	0.95	0.048	1.2
가을철 일최다강수량	0.92	0.15	0.07	-0.05	0.11	0.15	0.16	0.94	0.061	1.2
겨울철 평균기온	0.48	0.72	0.11	-0.14	0.33	0.16	0.15	0.93	0.066	2.6
겨울철 평균최고기온	0.24	0.81	0.17	-0.02	0.23	0.29	0.2	0.92	0.077	1.9
겨울철 평균상대습도	-0.43	-0.25	0.72	0.09	-0.25	-0.13	-0.24	0.91	0.088	2.6
겨울철 최소상대습도	0.13	-0.32	0.45	-0.07	-0.16	-0.53	-0.17	0.67	0.335	3.3
겨울철 평균풍속	0.21	0.29	0.18	-0.03	0.32	0.3	0.7	0.84	0.158	2.6
겨울철 최대풍속	0.06	0.13	0.08	0.03	0.12	0.22	0.87	0.84	0.159	1.2
겨울철 월합강수량	0.94	0.06	-0.05	-0.09	0.12	-0.13	-0.01	0.93	0.07	1.1
겨울철 일최다강수량	0.9	0.15	0.21	-0.02	0.03	0.12	0.07	0.89	0.107	1.2

출처: 저자 작성.

부표 2 요인분석 결과_산불 대응단계

변수	RC1	RC2	RC3	h2 (각 변수의 공통성)	u2 (고유분산)	com
봄철 산불	0.94	-0.02	0.07	0.9	0.1037	1
여름철 산불	0.78	-0.01	-0.03	0.61	0.3903	1
가을철 산불	0.78	-0.03	-0.01	0.61	0.3934	1
겨울철 산불	0.83	-0.02	0.12	0.71	0.291	1
월요일 산불	0.87	-0.03	0.03	0.76	0.2416	1
화요일 산불	0.87	-0.04	0.07	0.76	0.2398	1
수요일 산불	0.9	-0.02	0.04	0.81	0.1931	1
목요일 산불	0.88	-0.02	0.11	0.78	0.2155	1
금요일 산불	0.87	0.01	0.03	0.76	0.2402	1
토요일 산불	0.85	-0.02	0.06	0.73	0.2693	1
일요일 산불	0.86	-0.02	0.08	0.74	0.2608	1
공휴일 산불	0.65	-0.03	0.06	0.43	0.5743	1
총 평균 확산속도	0.13	-0.02	0.99	0.99	0.0075	1
침엽수 면적비율	-0.02	0.92	0	0.84	0.1619	1
활엽수 면적비율	0	0.95	0.01	0.9	0.0988	1
혼효림 면적비율	-0.05	0.97	-0.03	0.95	0.0482	1

출처: 저자 작성.

부표 3 요인분석 결과_산불 복구단계

변수	RC1	RC2	h2 (각 변수의 공통성)	u2 (고유분산)	com
피해 면적	0.8	-0.1	0.65	0.3533	1
피해금액	0.82	0.02	0.67	0.3348	1
관광객 수	-0.03	1	0.99	0.0054	1

출처: 저자 작성.

국토연구원 Working Paper는 다양한 국토 현안에 대하여 시의성 있고 활용도 높은 대안을 제시할 목적으로 실험정신을 가지고 작성한 짧은 연구물입니다. 투고된 원고는 정해진 절차를 거쳐 발간되며, 외부 연구자의 투고도 가능합니다. 공유하고 싶은 새로운 이론이나 연구방법론, 국토 현안이나 정책에 대한 찬반 논의, 국내외 사례 연구나 비교연구, 창의적 제안 등 국토분야 이론과 정책에 도움이 될 어떠한 연구도 환영합니다.

투고를 원하시는 분은 국토연구원 연구기획·평가팀(044-960-0438, bbmoon@krihs.re.kr)으로 연락주시시오. 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.

WP 22-21

산불 예방·대응·복구 단계별 특성을 고려한 지역유형별 지원방안

연 구 진 홍나은
발 행 일 2022년 11월 16일
발 행 인 강현수
발 행 처 국토연구원
홈 페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2022, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체가 적용되어 있습니다.

