2025년도 연구보고서
계획지원-01

산불의 온실가스 발생량 및 흡수량(감소량) 추정

2025. 06.

삼척시탄소중립지원센터

SAMPYO Cement (주)삼표시멘트 시멘트산업사회공헌재단
환경부 삼척시 SAMCHEOK CITY KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

제 출 문

○ 과 제 명 : 산불의 온실가스 발생량 및 흡수량(감소량) 추정

○ 계약기간 : 2025년 04월 17일 ~ 2025년 05월 16일(1개월)

○ 계 약 일 : 2025년 04월 17일

○ 착 수 일 : 2025년 04월 17일

○ 완 료 일 : 2025년 05월 16일

본 보고서를 '산불의 온실가스 발생량 및 흡수량(감소량) 추정' 연구의 최종보고서로 제출합니다.

2025년 05월 16일

소 속 : 강원대학교 그린에너지공학과

직 위 : 교수

성 명 : 박 준 석 (인)

삼척시탄소중립지원센터장 귀하

- 목 차 -

제1장 연구 배경 및 목적 1

1.1 연구 배경 1

1.2 연구 목적 2

제2장 문헌 연구 3

2.1 산불의 이론적 배경 3

(1) 산불의 정의 및 특성 3

(2) 산불의 종류 4

(3) 산불에 미치는 영향인자 6

2.2 온실가스 발생량 추정 9

2.3 온실가스 흡수량 추정 11

(1) 산림수목 흡수량 11

(2) 산림토양 흡수량 12

2.4 탄소배출권 거래가격 13

제3장 통계적 검토 16

3.1 강원특별자치도 지자체별 산불 현황 16

3.2 삼척시 산불 현황 22

제4장 2022년 삼척시 원덕읍 산불로 인한 온실가스 발생량 및 흡수량 추정 ... 28

4.1 개요 28

4.2 온실가스 발생량 추정 28

4.3 손실된 온실가스 흡수량 추정 29

(1) 산림수목 흡수량 29

(2) 산림토양 흡수량 29

4.4 산불로 인한 온실가스 관련 총 손실 추정 30

제5장 결론 32

참고문헌 33

- 표 목 차 -

[표 2.1] 층위별 연소량 및 탄소 배출량 추정 사례 ····· 10
[표 2.2] 국가별 산림토양탄소 비교 (tC/ha) ····· 13
[표 3.1] 강원특별자치도 지자체별 산불발생 현황 (2025. 3. 10 기준) ····· 18
[표 3.2] 강원특별자치도 지자체별 산불발생 원인 (2025. 3. 10 기준) ····· 18
[표 3.3] 삼척시 산불발생 현황 (2004~2024년) ····· 23
[표 4.1] 2022년 삼척시 원덕읍 산불에 따른 층위별 연소량 및 탄소 배출량 추정 ····· 29

- 그 림 목 차 -

[그림 1.1] 탄소중립 개념도 ····· 1
[그림 2.1] 층위별 연소량 및 탄소 배출량 추정 사례 ····· 10
[그림 2.2] 우리나라 산림의 이산화탄소 저장량 및 순흡수량 추이 ····· 11
[그림 2.3] 미래 산림의 나이분포 변화 예측 ····· 12
[그림 2.4] 온실가스 배출권거래제 개념도 ····· 13
[그림 2.5] 한국의 이산화탄소 할당배출권 지표물 가격 추이① ····· 15
[그림 2.6] 한국의 이산화탄소 할당배출권 지표물 가격 추이② ····· 15
[그림 3.1] 최근 10년간 강원특별자치도 지자체별 산불발생 건수 (2015~2024년) ····· 20
[그림 3.2] 최근 10년간 강원특별자치도 지자체별 산불피해 면적 (2015~2024년) ····· 20
[그림 3.3] 최근 10년간 강원특별자치도 지자체별 산불피해 건수(a) 및 면적(b) 비율(%) (2015~2024년) ····· 21
[그림 3.4] 강원특별자치도 산불발생 건수와 피해 면적과의 상관관계 (2015~2024년) ··· 21
[그림 3.5] 삼척시 연도별 산불발생 건수 비율 (2015~2024년) ····· 25
[그림 3.6] 삼척시 연도별 산불발생 피해면적 현황 (2015~2024년) ····· 25
[그림 3.7] 삼척시 원인별 산불발생 건수 현황 (2015~2024년) ····· 26
[그림 3.8] 삼척시 원인별 산불발생 피해면적 현황 (2015~2024년) ····· 26
[그림 3.9] 삼척시 산불발생 원인과 피해 면적과의 상관관계 (2004~2024년 자료) ····· 27
[그림 4.1] 연차 경과에 따른 이산화탄소 흡수 기능 손실량 ····· 31
[그림 4.2] 연차 경과에 따른 경제적 손실액 ····· 31

제 출 문

○ 과 제 명 : 산불의 온실가스 발생량 및 흡수량(감소량) 추정

○ 계약금액 : 금일백만원(₩1,000,000)

○ 계약기간 : 2025년 04월 17일 ~ 2025년 05월 16일(1개월)

○ 계 약 일 : 2025년 04월 17일

○ 착 수 일 : 2025년 04월 17일

○ 완 료 일 : 2025년 05월 16일

본 보고서를 '산불의 온실가스 발생량 및 흡수량(감소량) 추정' 연구의 최종보고서로 제출합니다.

2025년 05월 16일

소 속 : 강원대학교 그린에너지공학과

직 위 : 교수

성 명 : 박 준 석 (인/서명)

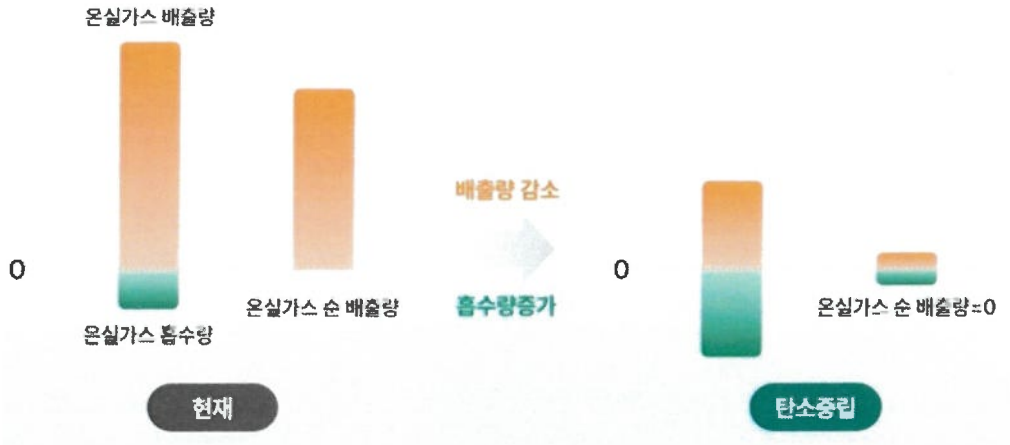
삼척시탄소중립지원센터장 귀하

제1장 연구 배경 및 목적

1.1 연구 배경

○ 탄소중립의 개념(탄소중립기본법 제2조)

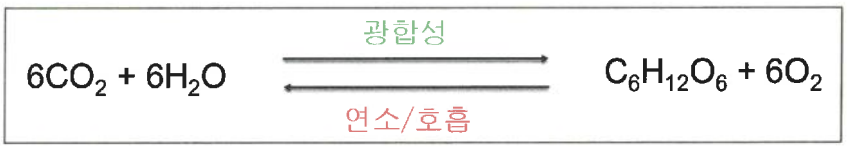
- "탄소중립" 이란 대기 중에 배출·방출 또는 누출되는 온실가스의 양에서 온실가스 흡수의 양을 상쇄한 순배출량이 영(零)이 되는 상태를 말함
- "온실가스 배출" 이란 사람의 활동에 수반하여 발생하는 온실가스를 대기 중에 배출·방출 또는 누출시키는 직접배출과 다른 사람으로부터 공급된 전기 또는 열(연료 또는 전기를 열원으로 하는 것만 해당한다)을 사용함으로써 온실가스가 배출되도록 하는 간접배출을 말함
- "온실가스 감축" 이란 기후변화를 완화 또는 지연시키기 위하여 온실가스 배출량을 줄이거나 흡수하는 모든 활동을 말함
- "온실가스 흡수" 란 토지이용, 토지이용의 변화 및 임업활동 등에 의하여 대기로부터 온실가스가 제거되는 것을 말함
- 즉, 탄소중립을 실현하기 위해서는 현재의 온실가스 배출량(+)을 최대한 줄이고 발생되는 배출량은 흡수량(-)을 최대한 증가시켜 그 총합이 제로가 되도록 실현하는 것을 의미함([그림 1.1] 참조)



[그림 1.1] 탄소중립 개념도

❍ 산림의 중요성

- 산림은 주요 탄소흡수원으로서 광합성을 통하여 이산화탄소를 흡수하고 나무와 토양에 탄소를 저장하여 온실가스 감축에 기여함



- 산불이 발생할 경우 주요 흡수원인 산림이 소실되어 탄소흡수기능을 잃어버릴 뿐만 아니라 산림의 연소과정에서 많은 이산화탄소가 배출이 되는 문제가 발생됨

1.2 연구 목적

❍ 본 연구에서는 강원특별자치도 삼척시에서 발생한 산불의 발생원인과 피해면적 등 현황을 살펴보고, 산불로 인한 온실가스 발생량 및 흡수량(감소량)을 추정하고자 실시되었으며,

❍ 본 연구 목적을 달성하기 위한 세부 연구항목은 다음과 같음

- 산불의 온실가스 발생량 추정
- 산림소실에 따른 온실가스 흡수량(감소량) 추정
- 기타 : 2022년 3월에 발생한 동해안 산불 중 삼척지역(원덕읍, 가곡면) 발생 사례(기간, 면적 등)

제2장 문헌 연구

2.1 산불의 이론적 배경

(1) 산불의 정의 및 특성

❍ 산불의 정의

- 법적 정의(산림보호법) : 산림이나 산림에 잇닿은 지역의 나무·풀·낙엽 등이 인위적으로나 자연적으로 발생한 불에 타는 것을 말함

❍ 산불의 3요소 (산림청, 2024. 4)



- 연료 : 식물성 고체로 습도 60% 이하일 때 쉽게 불이 붙고 건조 상태일수록 잘 연소됨
- 공기 : 산소는 공기 중 약 21%를 차지하며 화학적으로 연료와 열을 결합시키는 산화과정을 진행시킴
- 열 : 불을 발생하게 하는 열(착화점)과 불이 난 후 강렬한 연소가 진행되며 200~300℃ 이상에 달하는 2차 열(인화점)로 나뉨

❍ 산불의 연소특성 (산림청, 2024. 4) : 예열 → 발화 → 연소

- 예열 : 열에너지가 나무에 도달하여 나무표면이 수분과 나무에 포함된 가스상 물질을 증발시키고 화학적 분해와 셀룰로스 및 리그닌 분해를 일으키는 일련의 과정을 의미함
- 발화 : 불꽃이 나무에서 나오는 가연성 가스상 물질과 반응하여 일어남. 나무에 포함된 가스상 물질의 점화온도는 320~350℃ 정도로, 발화가 일어난 나무는 열분해

과정을 지속하며, 복사열에 의해 인접한 연료가 예열되어 연소되는데 이때 주로 이산화탄소와 물이 부산물로 생성됨

- 연소 : 일단 한 지점에서 연소가 시작되면 많은 연소열이 발생하며, 가까운 곳에 있는 다른 연료의 온도를 발화점 이상으로 높임. 전도, 복사, 대류의 3가지 형태로 연소열이 전달되면서 연소가 발생하며 산불이 점점 확대됨

① 전도 : 큰 연료의 내부로 열이 전달되거나 토양 하층부로 열이 전달되는 것

② 복사 : 산불의 선단부에 인접한 연료에 열을 전달하는 작용

③ 대류 : 뜨거운 공기를 위로 상승시키는 기류를 발생시킴. 수관화와 비화(또는 비산화)를 유발하여 대형 산불의 원인이 되기도 함



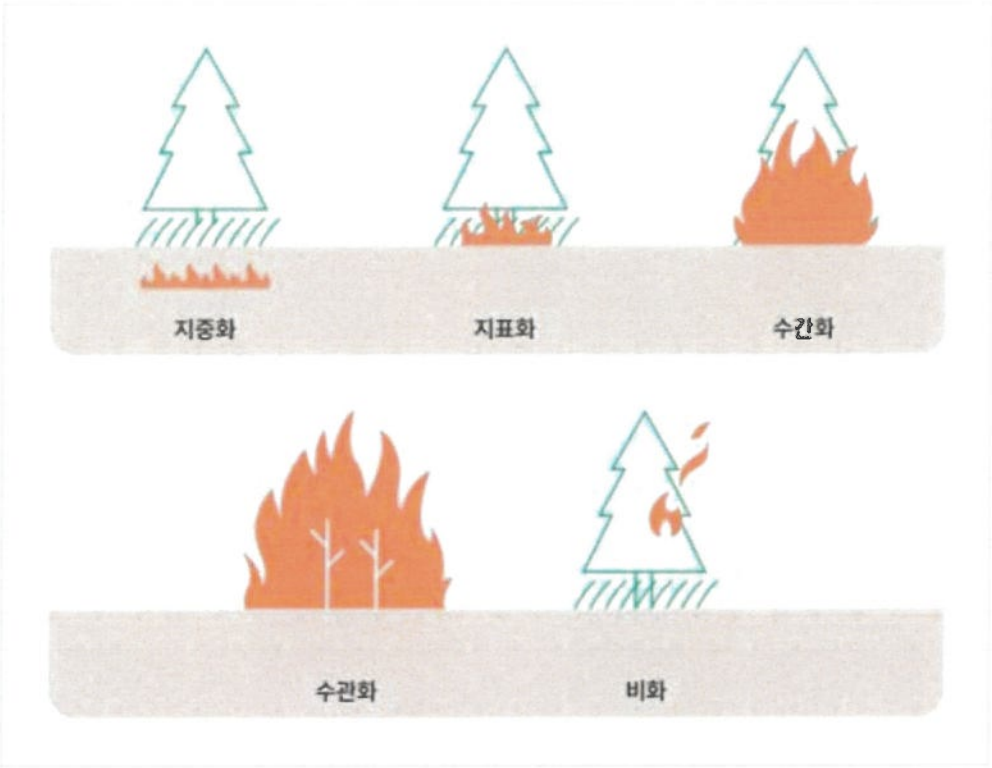
(2) 산불의 종류

○ 산불은 연소 부위와 특성에 따라 지중화, 지표화, 수간화, 수관화 및 비화로 구분됨. 우리나라 산악과 같은 지형에서는 바람이나 경사 등의 영향으로 지표화에서 수관화로 이어지거나 비화가 발생하여 산림의 큰 피해를 보기도 하는데 실제 산불은 혼합적으로 발생하기 때문에 종류를 구분하기는 어려움 (산림청, 2024. 4)

- 지중화 : 지표화에서 시작된 불이 낙엽층 아래 부식층을 태우는 불이며, 산소 공급이 차단되어 확산속도는 느리지만 불꽃이나 연기가 적어 눈에 잘 띄지 않는 문제가 있음. 강한 열이 오랜 시간 지속되어 균일하게 피해를 주고 땅속으로 확산되기 때문에 물을 뿌려도 불이 꺼지지 않는 어려움이 있음. 낙엽층의 분해가 매우 느린

한대림, 이탄층이 깊이 쌓인 저습지대에서 표면은 습하고, 토양 내부가 건조할 때 지중화가 발생하기 쉬운데 우리나라에서는 매우 보기 드문 산불 중 하나임

- 지표화 : 가장 흔한 산불형태로 주로 불꽃이 있는 화염연소로 확산됨. 지표의 연료물질이 많으면 지표화에서 수간화 및 수관화로 확산되어 산불 피해가 커지기도 함. 지표화에서 수관화로 이어지는 것을 돕는 연료를 사다리연료라고 하는데 산림관리 시 사다리연료를 제거하면 수관화로 진행되는 것을 어느 정도 억제할 수 있음. 지표 연료물질이 적고 산불 강도가 약할 때는 수목이 고사하는 경우가 적지만 지표화가 강하게 진행되면 대부분의 어린 나무가 고사하고, 성숙목의 수피(나무껍질)에도 불자국이 남게 됨. 한편, 지표화의 확산이 느려 한 지점에 불이 오래 머물면 수목 내부 형성층이 피해를 입어 고사하기도 함. 일반적으로 수목 형성층은 60℃ 내외에서 고사함
- 수간화 : 지표화에서 진행되는 경우가 많음. 수간화만 별개로 발생하지는 않으며, 수간화와 수관화가 동시에 발생함. 나무 기둥 내부가 썩어서 동공이 발생한 경우에는 이 부분이 굴뚝역할을 하여 기둥 끝 불길에서 발생한 불꽃이 비화를 일으키고 공중에 흩뿌려지며 수관화를 일으키기도 함
- 수관화 : 지표화로 번지던 산불의 화염이 높아지고 세기가 커지면서 수관화로 발전함. 일반적으로 수관화는 지표화보다 강도가 세고, 확산 속도가 빨라서 진화하기 어려워 상당한 피해를 야기하는 가장 무서운 산불로 인식됨. 수관화 발생 시 화염 중심부 온도는 1,175℃, 주변 화염온도는 1,125℃, 연기온도는 525℃ 정도로 화세가 매우 강함. 산정부(산꼭대기)에서 지표화가 수관화로 이어지면 일정 면적의 숲 전체가 소실되기도 하고, 비화가 발생하여 멀리 떨어진 지역에서 산발적인 산불이 발생하기도 함
- 비화(비산화) : 열기둥인 대류열에 의해 만들어진 불씨가 바람을 타고 날아가며 발생함. 가깝게는 수십 미터, 멀게는 수 킬로미터 떨어진 곳에 산불을 발생시켜 진화의 어려움을 초래함. 다른 지역으로 비화한 산불은 확산 속도가 빨라서 산불을 진화하기 위해 투입된 인력과 장비마저 포위하는 상황을 만들 수 있기 때문에 매우 위험함. 우리나라에서는 2000년 동해안 산불에서 2 km 떨어진 곳에 비화가 발생한 적어 있으며, 호주 유칼립투스 산림에서 난 산불은 20 km 떨어진 곳까지 불씨가 날아가기도 하였음



산불의 종류(국립산림과학원, 2020)

(3) 산불에 미치는 영향인자

○ 산불은 연료 물질의 존재, 기후·기상적 요인과 지형적 요인이 합쳐져 점차 빠른 속도로 확산하거나 쇠퇴하는 경향을 보임 (산림청, 2024. 4)



산불의 확산과 강도에 영향을 미치는 인자(국립산림과학원, 2020)

❍ 산불의 확산은 습도와 풍속의 변화에 따라 다르게 나타나며, 기후조건이 유사한 지역에서는 연료의 수분 함량 차이에 따라 확산 속도와 불꽃의 크기가 다르게 나타남

❍ 연료 (산림청, 2024. 4)

- 연료는 산불에 공급되는 탈 수 있는 물질로서 분포위치에 따라 지중연료, 지표연료, 수관연료로 구분됨

① 지중연료 : 나무뿌리, 오랫동안 부식된 고사목, 목탄, 유기물층을 포함하면 주로 불꽃 없이 연소됨

② 지표연료 : 풀, 어린나무, 작은키나무, 누운 고사목, 낙엽, 떨어진 가지 등을 말하며 일반적으로 지중 연료에 비해 타기 쉬움

③ 수관연료 : 서 있는 큰키나무의 가지와 잎 그리고 여기에 붙어 있는 이끼와 지의류 등을 포함함

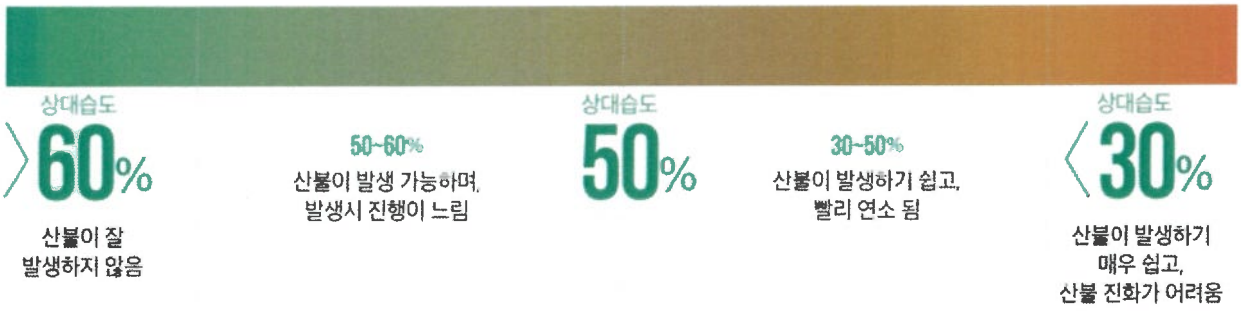
- 나무는 산불의 주요 연료로서 종류 및 나이, 함수율, 크기와 형태, 배열 상태, 밀집성 및 화학성분 등에 따라 산불의 확산속도와 강도에 영향을 미침. 특히, 연료의 함수율은 산불의 발생과 피해면적, 확산속도에 매우 큰 영향을 미침. 함수율이 낮을수록 산불피해 면적이 증가하고 확산속도가 빨라짐. 산불확산 속도는 지표물의 두께와는 상관관계가 없지만 연료층 무게가 무거울수록 확산이 느리고 가벼울수록 상대적으로 빨라지는 경향이 있는데 이는 연료무게가 함수율과 밀접한 관련이 있기 때문임

❍ 기후와 기상 (산림청, 2024. 4)

- 기후는 연소할 수 있는 연료의 양, 산불 위험 기간의 길이와 강도를 결정함
- 바람과 습도, 온도 및 강수량 같은 기상인자는 가연성에 영향을 미치는 연료의 수분함량을 조절함과 동시에 산불의 확산속도와 강도에 영향을 미침
- 우리나라 기후는 봄철인 3~5월에 강수량이 적고, 대기중 상대습도가 낮아 일반적으로 이 시기에 산불이 많이 발생하는데 이는 산림 내 나무와 초본 그리고 고사된 가지와 낙엽이 건조하기 때문임
- 대기중 상대습도가 30% 이하일 때 산불이 발생하기 쉬우며, 60% 이상이면 산불이 발생하기 어려움. 또한, 25% 이하일 때에는 수관화 발생 가능성이 큼
- 바람은 산불의 확산속도와 방향을 결정하는 인자로 산불의 가장 앞쪽과 가까운 연료에 공기를 공급하여 연료의 연소를 가속화하여 풍속이 강할수록 산불이 강하고

빠른 속도로 확산됨. 국내 연구진이 길이 6 cm의 자작나무 나무조각을 1 cm 간격으로 설치한 후 풍속 0.5 m/s와 1.0 m/s에서 산불확산 속도와 강도를 측정한 결과 0.5 m/s에서 1.0 m/s로 증가할 때 산불확산 속도와 강도는 약 1.4배 증가하였음

- 강수량은 산불 연료의 수분 함량에 직접적 영향을 주며, 산불에 영향을 주는 기상, 경관, 인위적 인자 중 가장 중요치가 높은 인자임



❍ 지형 (산림청, 2024. 4)

- 경사, 사면, 산의 형태 등 지형 요소도 산불에 영향을 미침
- 경사는 산불의 확산속도에 영향을 미침. 경사가 15~35° 사이에서는 10° 씩 증가할 때 확산속도는 두 배 이상 증가하고 35° 이상에서는 10배 이상 증가함
- 사면은 남사면 또는 남사면에 가까울수록 북사면보다 산불발생 위험이 높고 확산속도도 빠른데 이는 일사량이 많아 연료가 더 빨리 건조되고 온도가 높기 때문임
- 산의 형태는 연료의 구성, 기상 및 산불에서 발생하는 에너지 흐름에 영향을 미치는 방식으로 산불에 관여하며. 지표화로 확산되는 산불이 능선을 만나면 반대편에서 불어 오는 바람의 영향으로 화염이 솟구치며 수관화로 확산되기 쉬움. 산꼭대기로 갈수록 좁아지는 협곡에서는 산불 열기가 효과적으로 빠져나오지 못하고 모이게 되어 산꼭대기 방향으로 매우 강도 높은 산불이 급속도 확산되는데 이를 굴뚝효과라고 함
- 지형 요소(경사, 사면, 지형위치지수)는 건조한 산림보다 중습성 산림의 산불 비연소 지역 refugia 생성에 영향을 주며, 이는 이들 요소가 가연성 연료의 습도에 영향을 주기 때문임
- 연소강도는 고도가 높고 경사도가 급할수록 약해짐. 대규모 산불이 발생했던 삼척지역에서 수행한 연구에 따르면 고도와 경사는 연소강도와 반비례하며, 연료의 습도, 강수, 연료밀도 및 산림유형과 연계되어 연소강도에 영향을 미침

변수명	연소 강도	고도	경사	혼효림 분포 비율
고도	-0.36**			
경사	-0.14*	-0.67**		
혼효림 분포 비율	-0.25**	0.61**	0.45**	
소나무림 분포 비율	0.58**	-0.29**	-0.08	-0.39**

*는 p<0.05, **는 p<0.01, P는 유의 수준을 의미

2.2 온실가스 발생량 추정

○ 국립산림과학원 산불연구과의 연구결과에 따르면, 1 ha(100 m×100 m) 면적의 소나무 숲이 산불로 탔을 때 지표면 위의 낙엽층만 태우는 지표화는 약 18,865kg, 관목층까지 탔을 때는 약 30,617kg, 산불이 커져 수관층의 잎과 잔가지까지 다 태워버리는 수관화의 경우, 약 54,071kg의 이산화탄소가 대기 중으로 배출되는 것으로 분석되었음(국립산림과학원, 2009)

○ 이 중 큰 산불로 인한 수관화의 예를 좀 더 구체적으로 살펴보면 다음과 같음(국립산림과학원, 2009)

▷ 가정

① 피해 면적 : 1 ha(100 m×100 m)

② 가슴높이* 직경 18.6 cm, 수고 10.7 m, ha당 2,300본 (*사람의 가슴높이는 입목의 직경을 측정하는데 기준이 되는 지점이며, 가슴높이에서의 직경을 흉고직경(가슴높이지름, 가슴높이직경)이라 함. 가슴높이는 나라마다 기준이 약간씩 다른데, 우리나라와 일본은 지상 1.2 m, 미국과 캐나다는 1.37 m (4' 6"), 그리고 유럽은 대체로 1.3 m를 사용함)

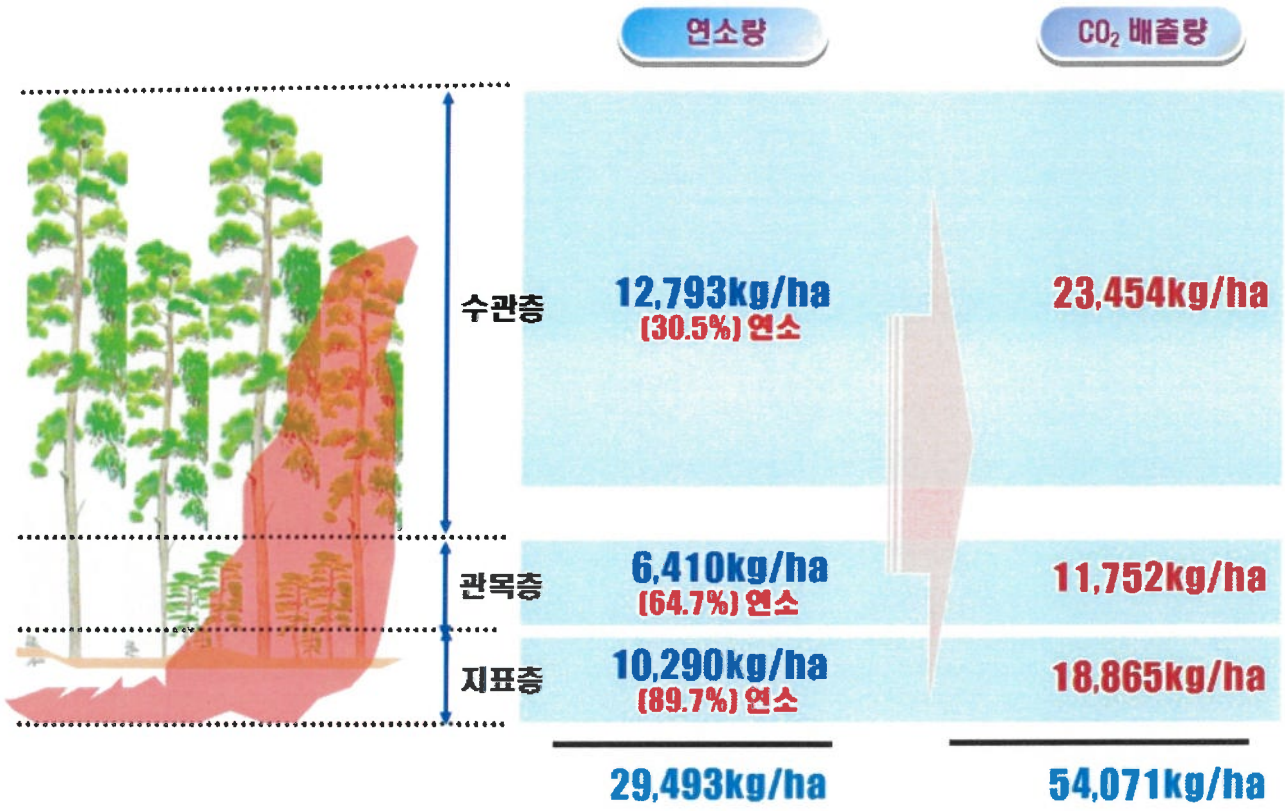
③ 탄소량 = 연소량 × 0.5 (IPCC 2006 설정값)

▷ 분석결과

〔표 2.1〕 층위별 연소량 및 탄소 배출량 추정 사례

층 위	연소량(kg)	탄소(톤)[1]	이산화탄소(톤)[2]	자동차(대)[3]
수관층 연소	12,793	6.4	23.5	2.9
관목층 연소	6,410	3.2	11.8	1.5
지표층 연소	10,290	5.1	18.9	2.4
합 계	29,493	14.7	54.1	6.8

[1]연소량의 50% (IPCC 2006 설정값)
[2]탄소량 × 44/12 (IPCC 2006 설정값)
[3]자동차 1대 연간 이산화탄소 배출량 : 8톤



〔그림 2.1〕 층위별 연소량 및 이산화탄소 배출량 추정 사례

▷ 결론

① 1 ha(100 m×100 m) 면적의 소나무 숲이 산불로 탔을 때 약 7대의 자동차가 1년간 배출하는 양의 이산화탄소를 대기중으로 직접 배출하는 것으로 평가됨

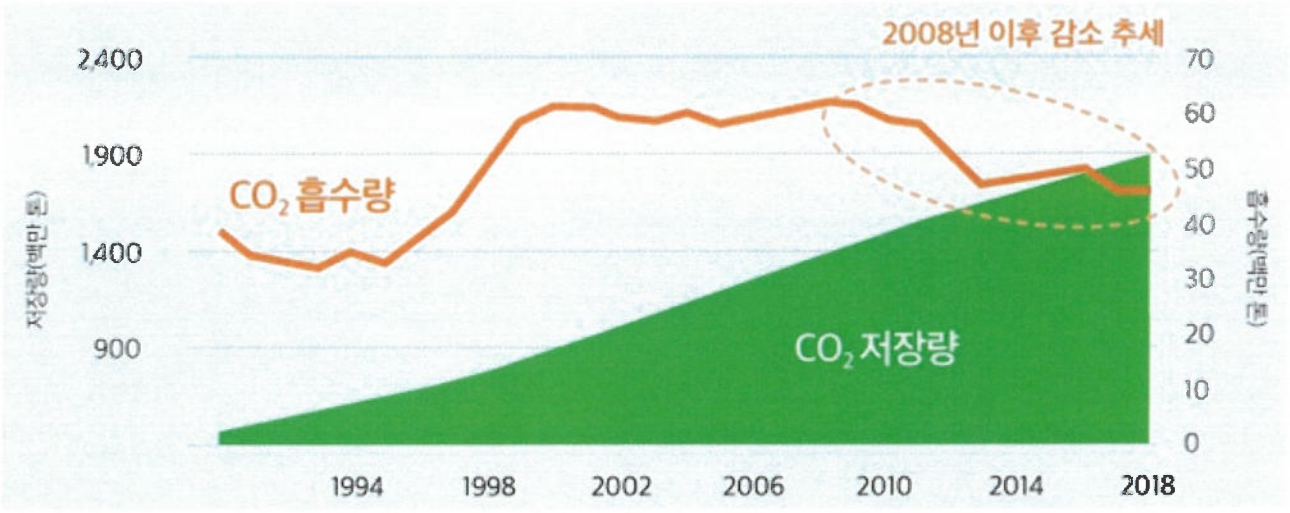
② 산불연구과 이병두 박사에 의하면 "탄소흡수원으로 활동해야 할 산림이 산불로 인해 오히려 탄소를 방출하고, 죽은 나무가 썩으면서 방출되는 탄소량까지 포함한다면 단순히 불에 탄 위의 수치보다 훨씬 많은 양의 이산화탄소가 산불로 인해 직간접적으로 배출될 것" 이라고 함

2.3 온실가스 흡수량 추정

(1) 산림수목 흡수량

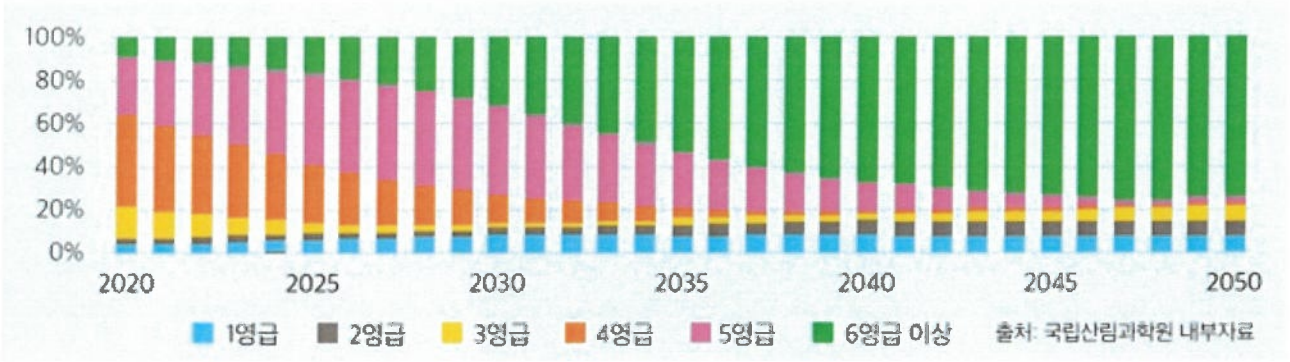
○ 우리나라 산림은 1970~1980년대 집중 조림의 영향으로 31~50년생 숲이 전체 산림의 2/3를 차지하는 불균형적인 나이 분포를 보이고 있음(2050 탄소중립위원회, 2021)

○ 우리나라는 숲의 평균 나이가 증가하면서 연간 순흡수량은 1990년대 이후 빠르게 증가하다 2008년 이후 빠르게 감소하고 있음(2050 탄소중립위원회, 2021)



〔그림 2.2〕 우리나라 산림의 이산화탄소 저장량 및 순흡수량 추이

○ 우리나라는 산림녹화 성공 이후 30년 이상 후속세대 숲 조성이 미미하여 청년기 숲(어린나무)이 거의 없어 '인구 절벽' 과 유사한 현상에 직면하고 있으므로 다양 수종 및 나이 분포를 갖는 지속가능한 산림으로 관리정책이 필요함(2050 탄소중립위원회, 2021)



〔그림 2.3〕 미래 산림의 나이분포 변화 예측

❍ 숲은 나이가 들어감에 따라 탄소흡수량은 감소하는데 국가산림자원조사(National Forest Inventory) 분석결과, 나무 한 그루는 30년 이후에도 생장이 왕성하나 자연도태 등으로 숲의 나무 개체수가 줄어듦. 따라서, 침·활엽수림 모두 20~30년까지 왕성하게 자라다가 이후 생장량이 크게 감소함. 참고로 우리나라는 1970~1980년대 대규모 조림에 따른 31년~50년생의 산림이 전체 약 66% 차지하고 있음(2050 탄소중립위원회, 2021)

❍ 산림 수종별 탄소흡수량(출처 : 환경부, 2021)

〈주요 산림수종의 표준 탄소흡수량〉

수종	수령												
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
강원지방 소나무	1.4*	3.2	5.0	6.7	8.1	8.8	9.0	9.2	9.2	9.0	8.6	8.1	7.6
중부지방 소나무	1.0*	2.2*	3.9	9.8	9.1	7.9	6.6	4.9	4.0	3.2	2.6	2.2	1.8
잣나무	1.6*	5.2	8.6	11.6	12.5	13.6	14.1	14.2	14.0	13.7	13.3	12.8	12.3
낙엽송	4.3*	4.7	9.2	11.5	13.6	15.0	15.8	16.2	16.1	15.8	15.6	15.5	15.3
리기다 소나무	0.9*	3.6	6.8	9.2	10.6	11.1	9.9	9.3	8.6	7.9	7.3	6.7	6.4
편백	2.5*	4.2	5.1	5.7	5.9	5.9	5.8	5.7	5.2	5.0	4.6	4.3	4.2
상수리 나무	6.2*	9.4*	13.5	14.6	14.1	14.5	14.9	15.2	15.5	15.8	15.9	16.1	16.3
신갈나무	1.2*	2.6*	5.6	6.4	6.7	8.1	8.8	9.7	10.7	11.8	12.3	12.8	13.1

*임분수확표에 없는 자료로 추정치를 적용한 값임. (단위 : kg/연)

**임분수확표의 임분단위 자료를 본수로 나누었기 때문에 수령(개체목) 기준의 흡수량을 제시함.

(2) 산림토양 흡수량

❍ 우리나라는 일제 강점기 과도한 벌채 및 한국전쟁 등으로 훼손되었던 토양을 회복하는 시기로, 다른 국가에 비해 유기물 축적 기간이 상대적으로 짧아 토양 내 저장된 탄소와 양분이 적으며, 국내 산림토양의 탄소저장량은 일본·뉴질랜드의 50%,

독일의 70% 수준임(2050 탄소중립위원회, 2021)

〔표 2.2〕 국가별 산림토양탄소 비교 (tC/ha)

구분	한국[1]	일본[1]	독일[1]	뉴질랜드[1]
단위 면적당 토양탄소저장량	38.8(침엽수림) 55.7(활엽수림)	85.4 (평균)	66.7 (평균)	91.9 (90년 이후 전체 산림)

(출처: [1]환경부. 2015. 국가 승인 탄소계수, [2]Japan. 2020. National Inventory Report [3]Germany. 2020. National Inventory Report, 4)New Zealand. 2020. National Inventory Report)

2.4 탄소배출권 거래가격

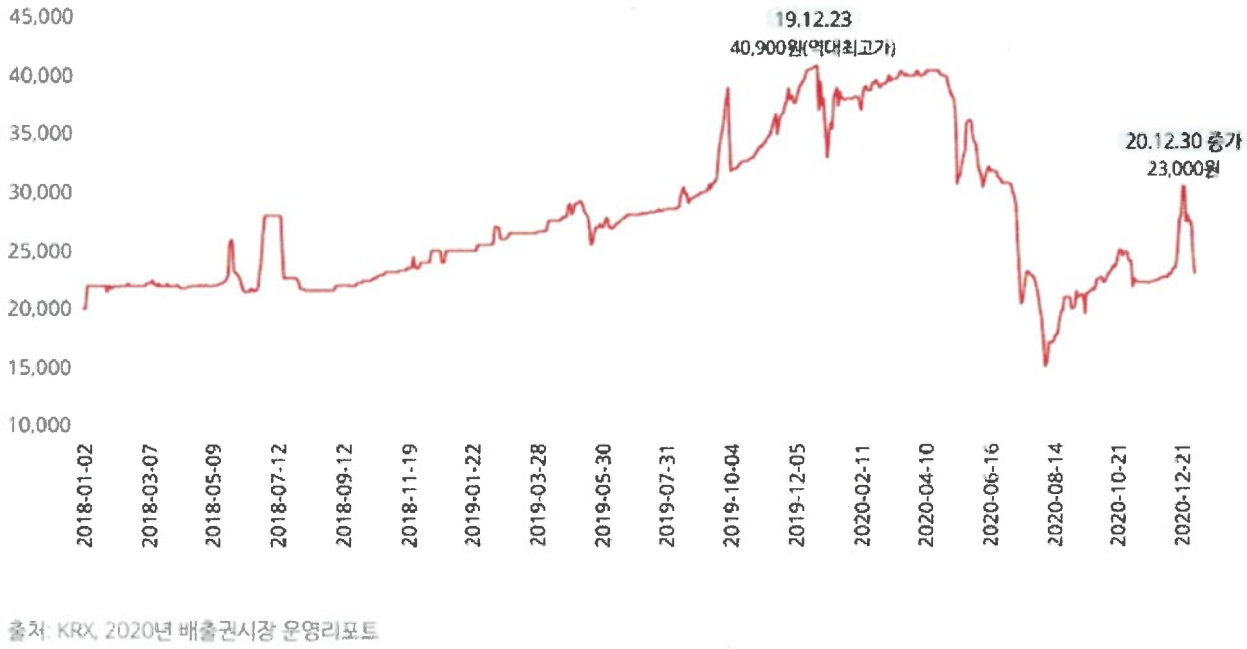
○ 배출권거래제는 정부가 국가의 총 배출량을 정하고 이를 온실가스 배출자에게 배출권으로 할당하여, 각자 배출권이 남거나 부족한 경우 서로 거래할 수 있도록 하는 제도임. 배출권거래제는 정부가 가격을 설정하는 탄소세와는 달리 시장의 수요와 공급에 따라 가격이 결정되는 원리이며, 기업들이 잘 활용하면 배출량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 추가적인 이익까지 창출할 수 있는 제도임(딜로이트 인사이트편집국, 2021)



출처: 환경부, 온실가스 배출권거래제

〔그림 2.4〕 온실가스 배출권거래제 개념도

- 배출권거래제는 배출 총량을 정부가 계획하고 설정하기 때문에 줄이고자 하는 목표량을 확실히 알 수 있다는 장점이 있지만 배출권은 가격 변동성이 커서 불확실한 측면이 있음(딜로이트 인사이트편집국, 2021).
- 배출권 가격 변동성이 높은 이유는 배출권 시장이 국제 사회의 기후 변화 대응 강화, 무상 할당량 비율, 경제 상황 등 다양한 요인에 영향을 받기 때문임
- 한국에서 할당배출권(KAU) 가격이 2018년 하반기부터 상승세를 보이며 2019년 12월 23일에 1톤당 4만 900원까지 폭등했는데, 2020년 4월 이후 하락세로 전환해 올해 4월 중순에는 1만 4,300원까지 가격이 떨어지기도 함([그림 2.5] 참조)
- 그러나, 최근 우리나라 탄소배출권 가격은 1년 사이 4분의 1수준으로 급락하여 2023년 8월 18일 한국거래소 배출권시장 정보플랫폼에 따르면 이날 배출권(22년할당배출권 · KAU22) 가격은 전날보다 2.37%(180원) 내린 1톤당 7420원을 기록하였음([그림 2.6] 참조). 반면에 유럽의 배출권 가격은 2023년 8월 15일 기준 유럽 배출권 가격 1톤당 87.13유로(약 12만6805원)였는데, 이는 2020년 1월 2일 1톤당 24.39유로(약 3만5499원)에서 장기적으로 상승 추세를 나타낸 것임. 2023년 3월21일에는 장중 사상 처음으로 1톤당 100유로(약 14만5523원)를 돌파하기도 하였음. 따라서, 아직까지 우리나라 탄소배출권 가격은 크게 하락하여 배출권 판매 수입이 저조해져 기후대응기금 마련에 타격을 주고 있는 것으로 평가됨



출처: KRX, 2020년 배출권시장 운영리포트

〔그림 2.5〕 한국의 이산화탄소 할당배출권 지표물 가격 추이①
(출처 : 딜로이트 인사이트편집국, 2021)



▲ 사진은 국내 탄소배출권(22년할당배출권·KAU22)의 최근 1년간 추이. 배출권 가격은 1년 전인 2022년 8월18일 1톤당 2만7400원에서 2023년 8월18일 1톤당 7420원까지 급락했다. <비즈니스포스트>

〔그림 2.6〕 한국의 이산화탄소 할당배출권 지표물 가격 추이② (출처 : 비즈니스포스트, 2023)

제3장 통계적 검토

3.1 강원특별자치도 지자체별 산불 현황

○ 최근 10년간(2015~2024년) 강원특별자치도 지자체별 산불발생 건수 및 피해면적 : [표 3.1] 및 [그림 3.1~3.4] 참조

- 해당 기간 동안 강원특별자치도 18개 지자체에서 발생한 산불발생 건수는 총 741건(연평균 74.1건 발생, 지자체별로는 연평균 4.1건 발생)이며, 총 피해면적은 13,171 ha(연평균 1,317 ha, 지자체별로는 연평균 73.2 ha 피해면적 발생)으로 나타남
- 10년간 발생 건수 및 피해면적을 100%로 하여 각 지자체별 기여비율을 산출한 결과 다음과 같음
  ① 산불 발생 건수 우선순위 : 홍천(12.8%, 95건) > 춘천(12.1%, 90건) > 강릉(9.6%, 71건) > ...
  ② 산불 발생 피해면적 우선순위 : 강릉(45.8%, 6,209 ha) > 삼척(24.8%, 3,270 ha) > 고성(13.3%, 1,753 ha) > ...
- 위의 자료를 정리하자면 영동지역에서는 산불발생 건수가 적어도 피해면적이 매우 넓은 것을 볼 수 있는데 이는 동해안 산불이 대부분 대형산불임을 반증하는 것을 알 수 있음

○ 산불발생 건수와 산불피해 면적과의 상관성을 파악하기 위하여 최근 10년간(2015~2024년) 자료를 플롯팅한 후 1차 함수식으로 표현한 결과 상관계수(R^2)는 0.0552로 매우 낮게 나타남([그림 3.4) 참조). 이는 산불발생 건수가 많을수록 산불피해 면적이 넓은 것이 아니라 일부 대형산불이 큰 피해를 일으켰음을 수치적으로 확인할 수 있는 대목임

○ 최근 10년간(2015~2024년) 강원특별자치도 지자체별 산불발생 원인 : [표 3.2]

- 해당 기간 동안 강원특별자치도 18개 지자체에서 발생한 산불발생 원인을 건수로 정리하면 입산자실화 및 기타(원인 불명)가 가장 높았고, 다음으로는 쓰레기소각으로 나타났음. 그러나, 산불발생 원인에 따른 피해면적은 방화, 기타(원인 불명), 작업장실화 순으로 나타남
  ① 원인별 산불 발생 건수 우선순위 : 입산자실화(32.4%, 240건) > 기타(원인 불

명)(32.1%, 238건) > 쓰레기소각(11.1%, 82건) > ...

② 원인별 산불 발생 피해면적 우선순위 : 방화(31.8%, 4,193 ha) > 기타(원인 불명)(25.7%, 3,383 ha) > 작업장실화(19.5%, 2,563 ha) > ...

- 위의 자료를 정리하자면 특정 발생 원인에 따라 피해면적에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있음. 특히, 방화의 경우 10년간(2015~2024년) 단 3건이 발생하였음에도 불구하고 전체 피해면적의 31.8%(4,193 ha)를 유발하였음

〔표 3.1〕 강원특별자치도 지자체별 산불발생 현황 (2025. 3. 10 기준)

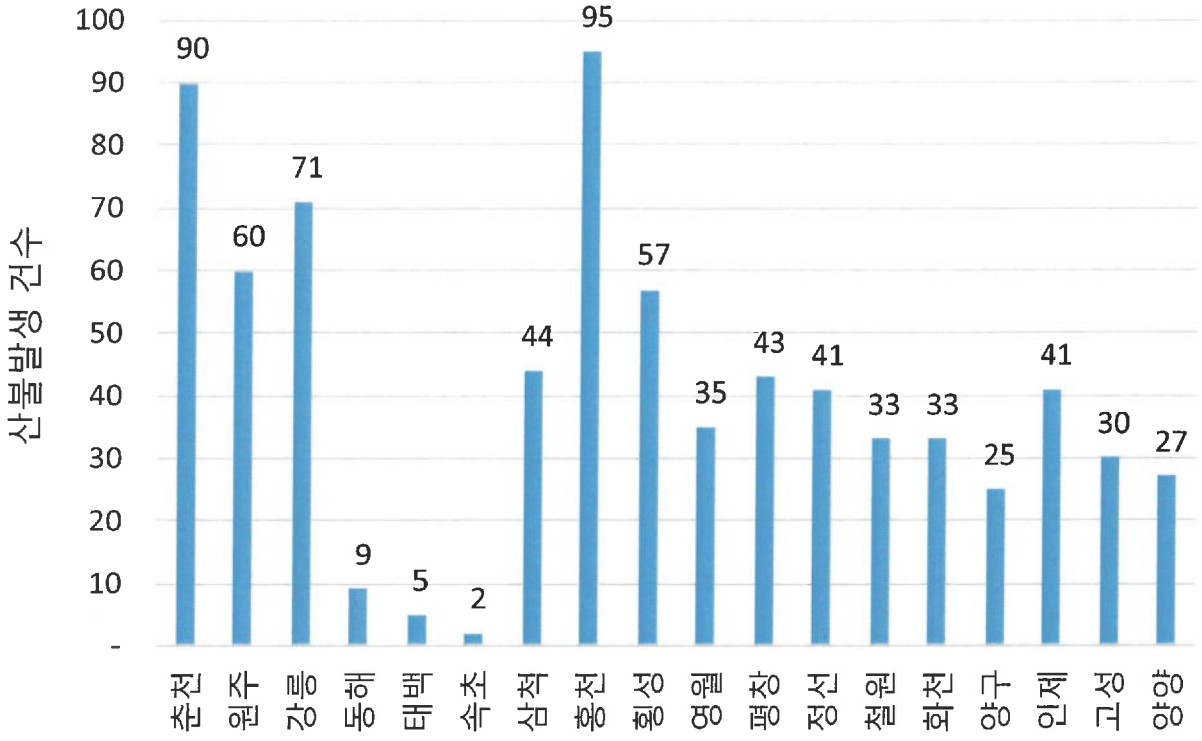
구분	2025년				2024년				최근 10년간(2015~2024년)			
	건수	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	건수	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	건수	비율(%)	면적(ha)	비율(%)
춘천	2	9.5	1.30	3.7	1	3.3	0.23	1.2	90	12.1	72.48	0.6
원주	1	4.8	0.30	0.9	-	0.0	-	0.0	60	8.1	18.00	0.1
강릉	6	28.6	0.60	1.7	1	3.3	0.10	0.5	71	9.6	6,029.04	45.8
동해	-	0.0	-	0.0	1	3.3	0.36	1.9	9	1.2	8.10	0.1
태백	-	0.0	-	0.0	1	3.3	3.85	20.0	5	0.7	5.39	0.0
속초	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	2	0.3	1.31	0.0
삼척	1	4.8	0.96	2.7	6	20.0	1.25	6.5	44	5.9	3,270.07	24.8
홍천	1	4.8	0.20	0.6	3	10.0	4.80	24.9	95	12.8	117.21	0.9
횡성	2	9.5	0.61	1.7	3	10.0	1.02	5.3	57	7.7	18.70	0.1
영월	-	0.0	-	0.0	1	3.3	1.56	8.1	35	4.7	228.33	1.7
평창	-	0.0	-	0.0	1	3.3	0.17	0.9	43	5.8	49.16	0.4
정선	1	4.8	30.00	85.1	2	6.7	0.11	0.6	41	5.5	61.00	0.5
철원	1	4.8	0.70	2.0	3	10.0	0.60	3.1	33	4.5	38.40	0.3
화천	1	4.8	0.04	0.1	-	0.0	-	0.0	33	4.5	149.43	1.1
양구	-	0.0	-	0.0	1	3.3	2.40	12.5	25	3.4	753.52	5.7
인제	-	0.0	-	0.0	2	6.7	2.09	10.9	41	5.5	388.71	3.0
고성	3	14.3	0.13	0.4	2	6.7	0.36	1.9	30	4.0	1,753.41	13.3
양양	2	9.5	0.43	1.2	2	6.7	0.36	1.9	27	3.6	209.06	1.6
계	21	100.0	35.27	100.0	30	100.0	19.26	100.0	741	100.0	13,171.32	100.0

(출처 : 강원특별자치도 산불방지센터 홈페이지, 접속일 2025. 4. 18)

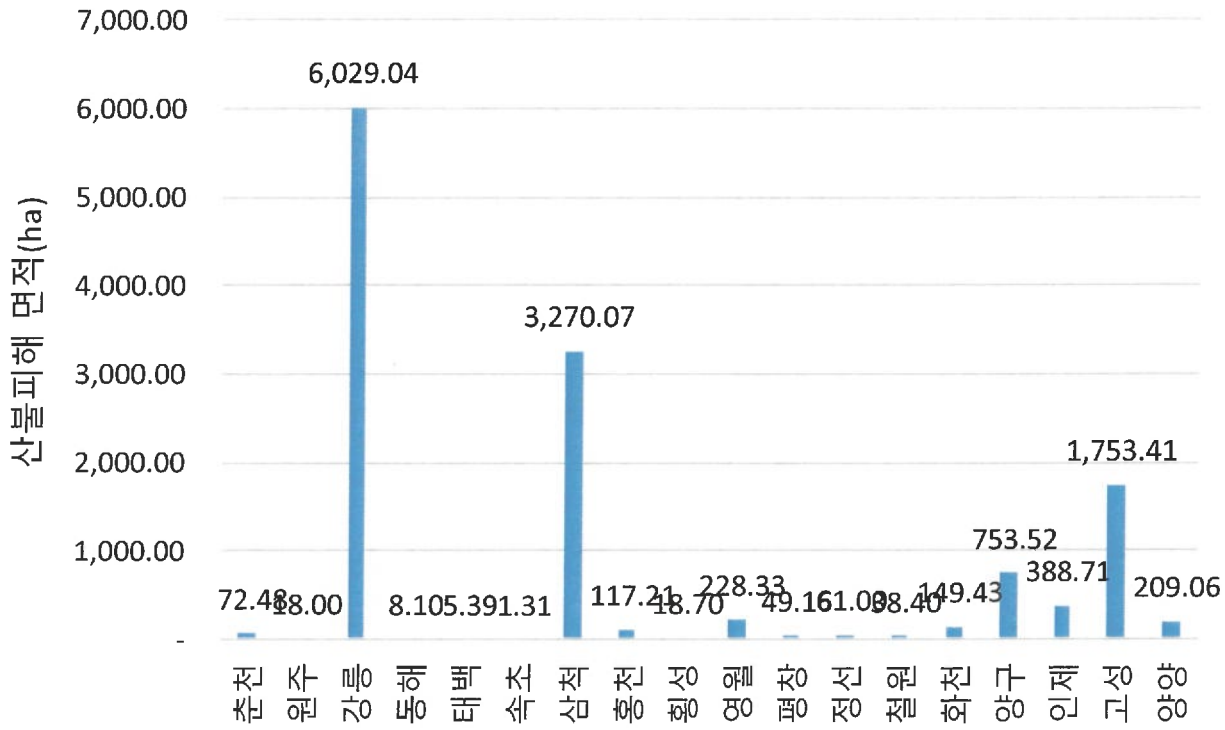
〔표 3.2〕 강원특별자치도 지자체별 산불발생 원인 (2025. 3. 10 기준)

구분	2025년				2024년				최근 10년간 (2015~2024년)			
	건수	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	건수	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	건수	비율(%)	면적(ha)	비율(%)
입산자실화	-	0.0	-	0.0	6	20.0	3.17	16.5	240	32.4	1,367.33	10.4
논밭두렁소각	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	49	6.6	38.61	0.3
쓰레기소각	-	0.0	-	0.0	3	10.0	0.18	0.9	82	11.1	1,158.51	8.8
담뱃불실화	-	0.0	-	0.0	3	10.0	0.87	4.5	29	3.9	141.68	1.1
성묘객실화	-	0.0	-	0.0	1	3.3	0.12	0.6	7	0.9	0.81	0.0
주택화재비화	3	14.3	1.22	3.5	-	0.0	-	0.0	44	5.9	325.14	2.5
작업장실화	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	37	5.0	2,563.35	19.5
어린이불장난	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	4	0.5	0.46	0.0
방화	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	3	0.4	4,192.65	31.8
기상에따른산불	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	8	1.1	0.20	0.0
기타	18	85.7	34.05	96.5	17	56.7	14.92	77.5	238	32.1	3,382.58	25.7
계	21	100.0	35.27	100.0	30	100.0	19.26	100.0	741	100.0	13,171.32	100.0

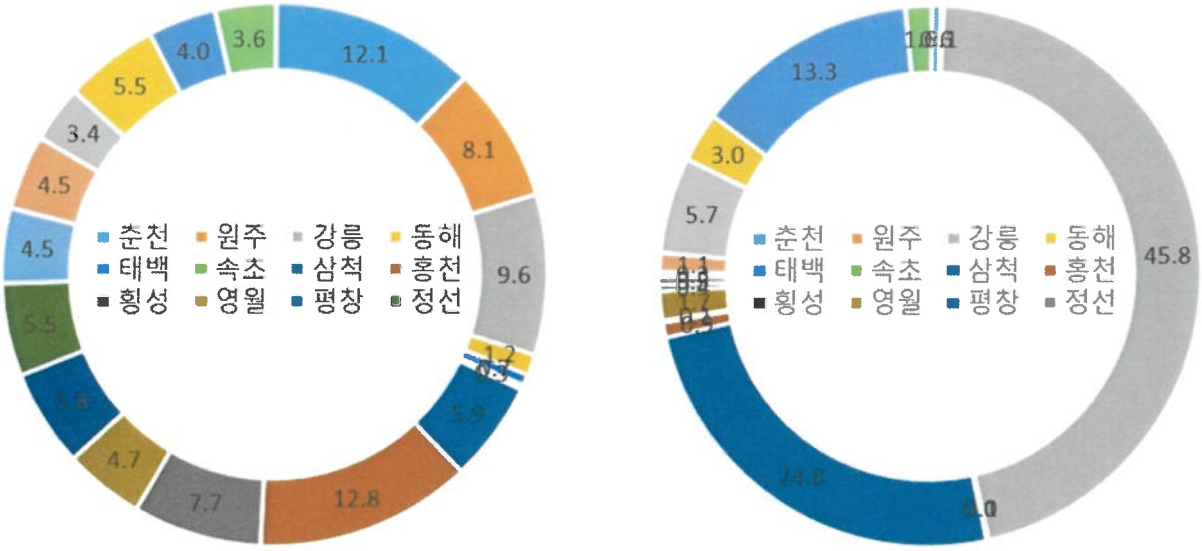
(출처 : 강원특별자치도 산불방지센터 홈페이지, 접속일 2025. 4. 18)



〔그림 3.1〕 최근 10년간 강원특별자치도 지자체별 산불발생 건수 (2015~2024년)

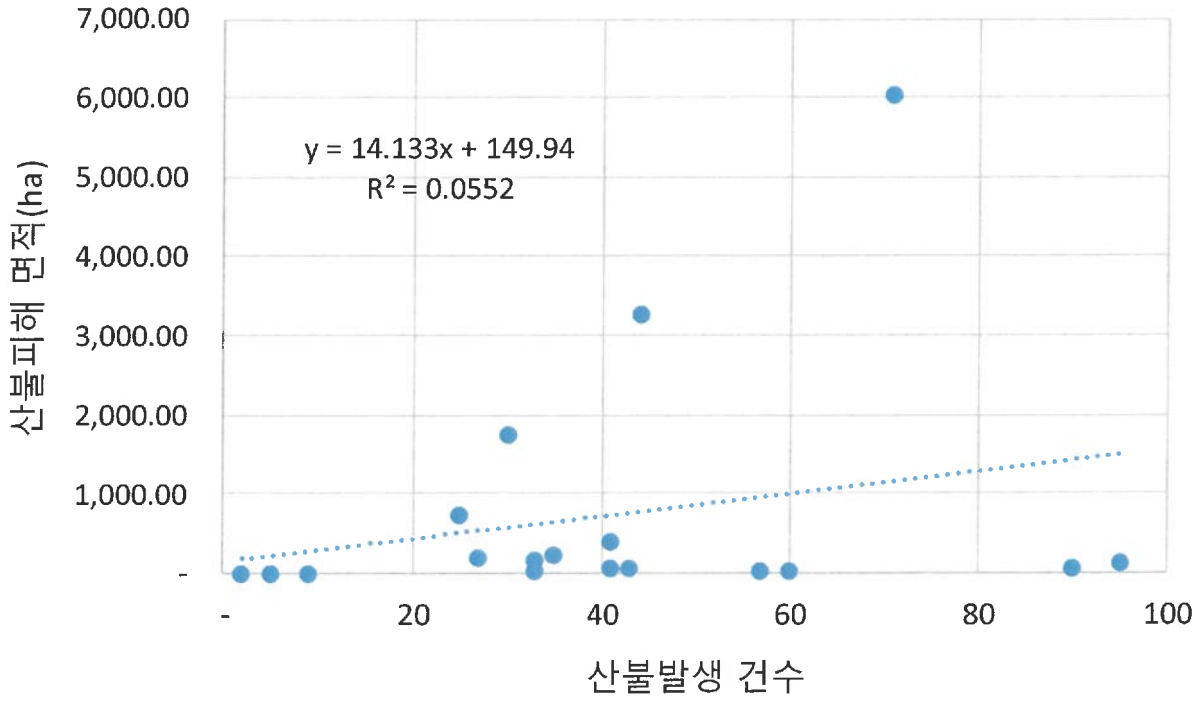


〔그림 3.2〕 최근 10년간 강원특별자치도 지자체별 산불피해 면적 (2015~2024년)



(a) (b)

〔그림 3.3〕 최근 10년간 강원특별자치도 지자체별 산불피해 건수(a) 및 면적(b) 비율(%)(2015~2024년)



〔그림 3.4〕 강원특별자치도 산불발생 건수와 피해 면적과의 상관관계 (2015~2024년)

3.2 삼척시 산불 현황

○ 2004~2024년 동안 삼척시에서 발생한 산불 현황을 [표 3.3] 및 [그림 3.5~3.9]에 나타내었음

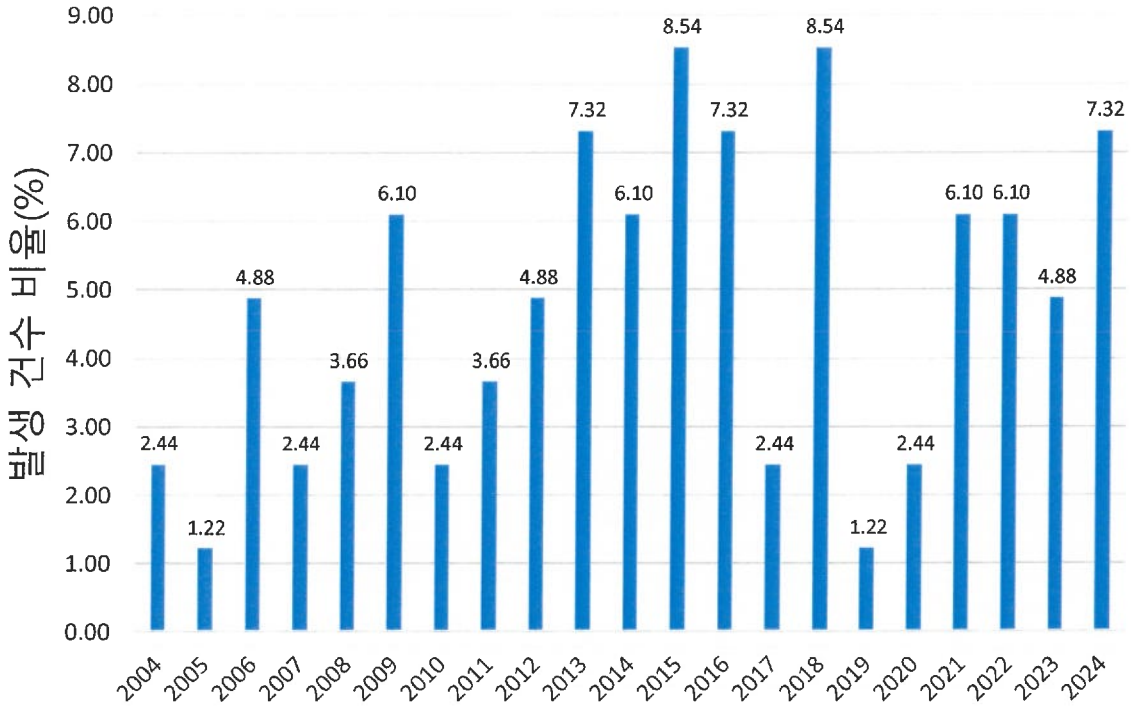
- 해당 기간 동안 연도별 발생 건수를 살펴보면 매년 1~7건의 산불이 발생하였으며, 전체적으로는 총 82건이 발생하였음. 연도별로는 2015년과 2018년에 모두 7건으로 가장 많이 발생하였음([표 3.3] 및 [그림 3.5] 참조)
- 해당 기간 동안 연도별 산불피해 면적은 0.1~2,170 ha를 나타내었으며, 2022년 3월에 원덕읍에서 발생한 원인 미상의 산불 1건은 2,162 ha의 피해면적을 발생시켰는데 이는 삼척시에서 21년 동안 발생한 총 피해면적(3,359 ha)의 64%에 이르는 규모로 밝혀졌음([표 3.3] 및 [그림 3.6] 참조)
- 해당 기간 동안 원인별 발생 건수를 살펴보면 총 82건중 원인 미상이 30.5%(25건)로 가장 높았으며, 다음으로는 입산자실화(26.8%, 22건)와 건축물실화(11.0%, 9건) 순으로 나타남([표 3.3] 및 [그림 3.7] 참조)
- 해당 기간 동안 원인별 피해면적은 총 3,359 ha중 원인 미상이 67.0%(2,252 ha)로 가장 넓었으며, 다음으로는 입산자실화(23.3%, 777 ha)와 건축물실화(9.3%, 311 ha) 순으로 나타남([표 3.3] 및 [그림 3.8] 참조). 이 세 가지 원인에 의한 피해면적을 합치면 전체 피해면적의 99.4%로 주요 원인임을 알 수 있음
- 삼척시의 경우 산불발생 원인(%)과 피해면적(%)과의 상관관계를 좀 더 자세히 알아보기 위하여 분석한 결과 상관성(R^2 = 0.8104)이 매우 높은 것으로 나타남([그림 3.9] 참조)

〔표 3.3〕 삼척시 산불발생 현황 (2004~2024년)

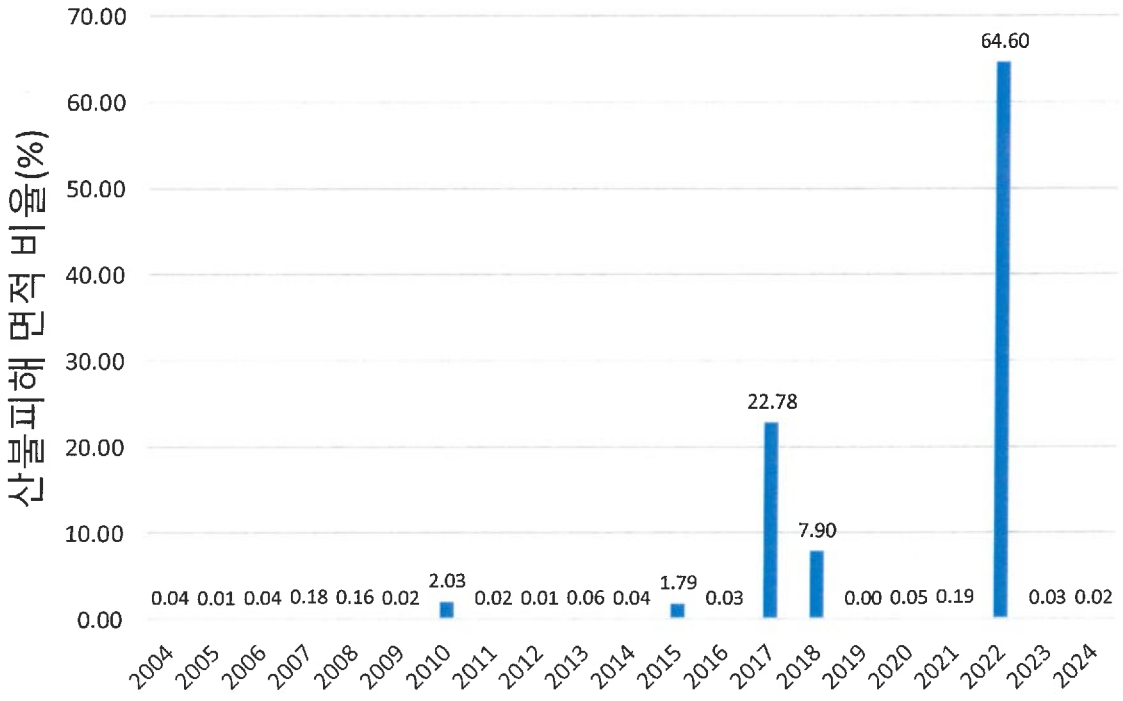
발생장소	발생일시	년간 발생건수 (비율, %)	원인	피해면적 (ha)	년간 피해면적(ha) (비율, %)
가곡면 탕곡리 산98	2004.6.13	2 (2.44)	원인미상	0.50	1.50 (0.04)
노곡면 상군천리 산91	2004.11.27		원인미상	1.00	
원덕읍 사곡리 산87	2005.8.5	1(1.22)	원인미상	0.20	0.20(0.01)
도계읍 점리 산24	2006.1.6	4 (4.88)	건축물 실화	0.10	1.50 (0.04)
도계읍 점리 산67	2006.2.20		입산자 실화	0.20	
도계읍 마교리 산35	2006.3.14		입산자 실화	0.20	
도계읍 흥전리 산92-1	2006.10.11		입산자 실화	1.00	
미로면 고천리 산94	2007.1.12	2 (2.44)	입산자 실화	0.50	6.00 (0.18)
가곡면 오목리 산17	2007.1.14		그 밖의 경우	5.50	
도계읍 도계읍리 산1	2008.5.6	3 (3.66)	입산자 실화	0.20	5.30 (0.16)
도계읍 흥전리 산82	2008.10.15		원인미상	0.10	
도계읍 흥전리 산92-1	2008.11.2		입산자 실화	5.00	
신기면 대이리 산1	2009.1.25	5 (6.10)	성묘객 실화	0.10	0.80 (0.02)
근덕면 동막리 산110	2009.5.9		입산자 실화	0.10	
가곡면 오목리 산72	2009.6.26		기상에 따른 산불	0.10	
원덕읍 사곡리 산66	2009.6.27		기상에 따른 산불	0.20	
도계읍 흥전리 산92-1	2009.12.17		산업현장 실화	0.30	
등봉동 산9-2	2010.11.22	2 (2.44)	쓰레기 태우기	0.03	68.03 (2.03)
미로면 상사전리 산1 외 63필	2010.12.3		건축물 실화	68.00	
노곡면 상군천리 산13	2011.4.1	3 (3.66)	건축물 실화	0.50	0.80 (0.02)
도계읍 고사리 산18	2011.4.13		어린이 불장난	0.20	
마평동 산78-6	2011.6.12		원인미상	0.10	
도계읍 신리리 산138-7	2012.4.15	4 (4.88)	산업현장 실화	0.03	0.36 (0.01)
가곡면 탕곡리 산41	2012.5.1		입산자 실화	0.12	
미로면 고천리 594	2012.5.27		기상에 따른 산불	0.01	
가곡면 오목리 산41 외 1필	2012.12.26		쓰레기 태우기	0.20	
원덕읍 호산리 산145-1	2013.2.28	6 (7.32)	3. 농산폐기물 태우기	0.02	1.92 (0.06)
근덕면 동막리 산587-2	2013.3.4		4. 쓰레기 태우기	0.20	
신기면 안의리 산157	2013.4.30		1. 입산자 실화	0.80	
미로면 하거노리 산141	2013.5.12		1. 입산자 실화	0.10	
가곡면 풍곡리 산128-63	2013.8.11		기타(직접입력)	0.50	
노곡면 중마읍리 산88	2013.8.14		13. 원인미상	0.30	
도계읍 흥전리 산92-1	2014.1.15	5 (6.10)	13. 원인미상	0.10	1.45 (0.04)
등봉동 산77	2014.4.25		농산폐기물 태우기	0.50	
노곡면 주지리 산49	2014.5.9		입산자 실화	0.30	
근덕면 교곡리 산75-6	2014.5.26		입산자 실화	0.30	
도계읍 점리 산182-1	2014.5.30		입산자 실화	0.25	
가곡면 오목리 산17	2015.2.8	7 (8.54)	건축물 실화	52.00	60.21 (1.79)
원덕읍 이천리 산322	2015.3.17		논·밭두렁 태우기	1.92	
도계읍 점리 산103	2015.3.25		원인미상	0.80	
도경동 산86	2015.3.26		원인미상	0.80	
노곡면 고자리 산66	2015.5.21		농산폐기물 태우기	3.14	
가곡면 동활리 산49-1	2015.5.29		원인미상	0.25	
하장면 갈전리 산56	2015.5.31		논·밭두렁 태우기	1.30	

미로면 사둔리 산161-5	2016.4.16	6 (7.32)	입산자 실화	0.20	1.16 (0.03)
원덕읍 임원리 산367	2016.4.24		원인미상	0.37	
하장면 장전리 산25	2016.5.7		원인미상	0.03	
근덕면 부남리 산53	2016.5.12		군사훈련	0.05	
가곡면 오목리 산21 외 1필	2016.6.3		입산자 실화	0.50	
하장면 광동리 175 외 1필	2016.11.14		그 밖의 경우	0.01	
도계읍 늑구리 산38	2017.3.10	2 (2.44)	쓰레기 태우기	0.10	765.22 (22.78)
도계읍 점리 산83	2017.5.6		입산자 실화	765.12	
노곡면 하마읍리 산66 외 11필	2018.2.11	7 (8.54)	건축물 실화	161.14	265.23 (7.90)
도계읍 황조리 산106 외 34필	2018.2.11		원인미상	76.46	
근덕면 교곡리 산200	2018.3.25		건축물 실화	0.20	
원덕읍 노곡리 산77-3 외 3필	2018.4.9		원인미상	0.30	
근덕면 초곡리 산1	2018.11.23		쓰레기 태우기	0.10	
근덕면 초곡리 산17-5	2018.11.26		원인미상	0.03	
미로면 하정리 산57	2018.12.28		건축물 실화	27.00	
도계읍 점리 산129-2	2019.12.5	1(1.22)	입산자 실화	0.10	0.10(0.00)
근덕면 동막리 산36-1	2020.4.4	2 (2.44)	원인미상	0.50	1.70 (0.05)
노곡면 고자리 산123-2외 3필	2020.10.24		건축물 실화	1.20	
신기면 서하리 산71 외 9필	2021.2.9	5 (6.10)	그 밖의 경우	3.70	6.23 (0.19)
가곡면 탕곡리 산24	2021.3.30		군사훈련	1.28	
가곡면 오저리 산90	2021.4.29		기상에 따른 산불	0.01	
원덕읍 갈남리 197-3	2021.5.6		원인미상	0.01	
도계읍 황조리 산123-1	2021.5.7		입산자 실화	1.23	
원덕읍 월천리 산29외 329필	2022.3.4	5 (6.10)	원인미상	2,161.97	2,170.11 (64.60)
가곡면 탕곡리 산7	2022.3.29		입산자 실화	0.65	
하장면 추동리 산1-1	2022.5.18		원인미상	2.25	
원덕읍 임원리 산379	2022.10.2		원인미상	0.04	
근덕면 동막리 산526-1	2022.12.14		원인미상	5.20	
미로면 하거노리 산138	2023.1.11	4 (4.88)	원인미상	0.19	0.98 (0.03)
도계읍 늑구리 328-13	2023.2.22		원인미상	0.19	
노곡면 중마읍리 산30	2023.2.23		건축물 실화	0.56	
하장면 숙암리 산133-1	2023.9.08		입산자 실화	0.04	
도계읍 늑구리 산52	2024.4.1	6 (7.32)	입산자 실화	0.10	0.65 (0.02)
원덕읍 옥원리 산97-3	2024.4.7		입산자 실화	0.06	
하장면 번천리 산57-47	2024.4.12		산업현장 실화	0.20	
원덕읍 이천리 산152	2024.5.24		원인미상	0.08	
도계읍 상덕리 산1	2024.6.19		원인미상	0.20	
원덕읍 이천리 산284	2024.8.13		쓰레기 태우기	0.01	
총계		82 (100.00)	총계		3,359.45 (100.00)

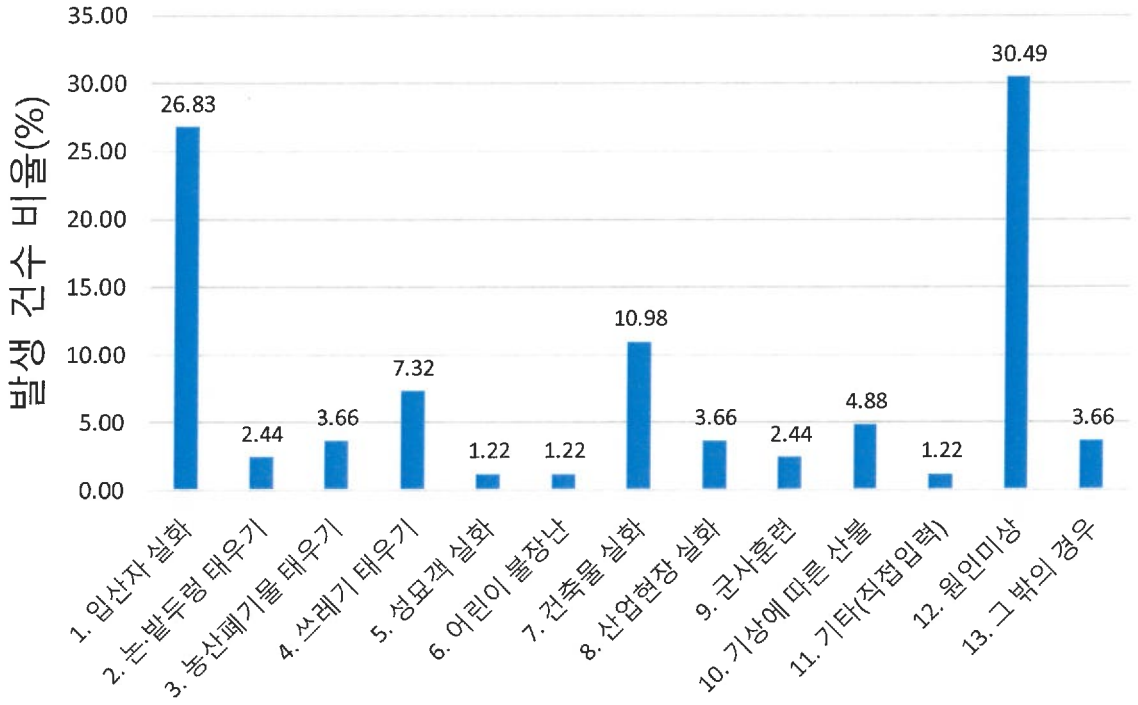
(출처 : 공공데이터포털(data.go.kr), 삼척시 산불발생현황 (접속일 : 2025. 4. 19)



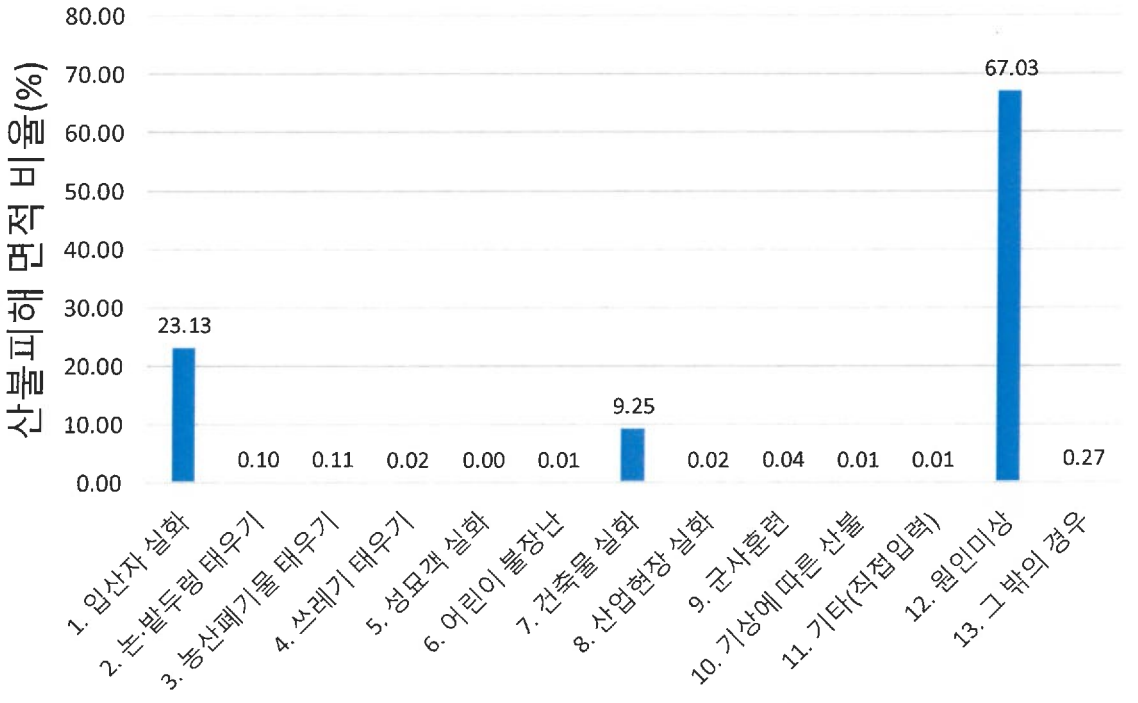
〔그림 3.5〕 삼척시 연도별 산불발생 건수 비율 (2004~2024년)
(2004~2024년 기간에 대한 당해 연도 비율을 의미함)



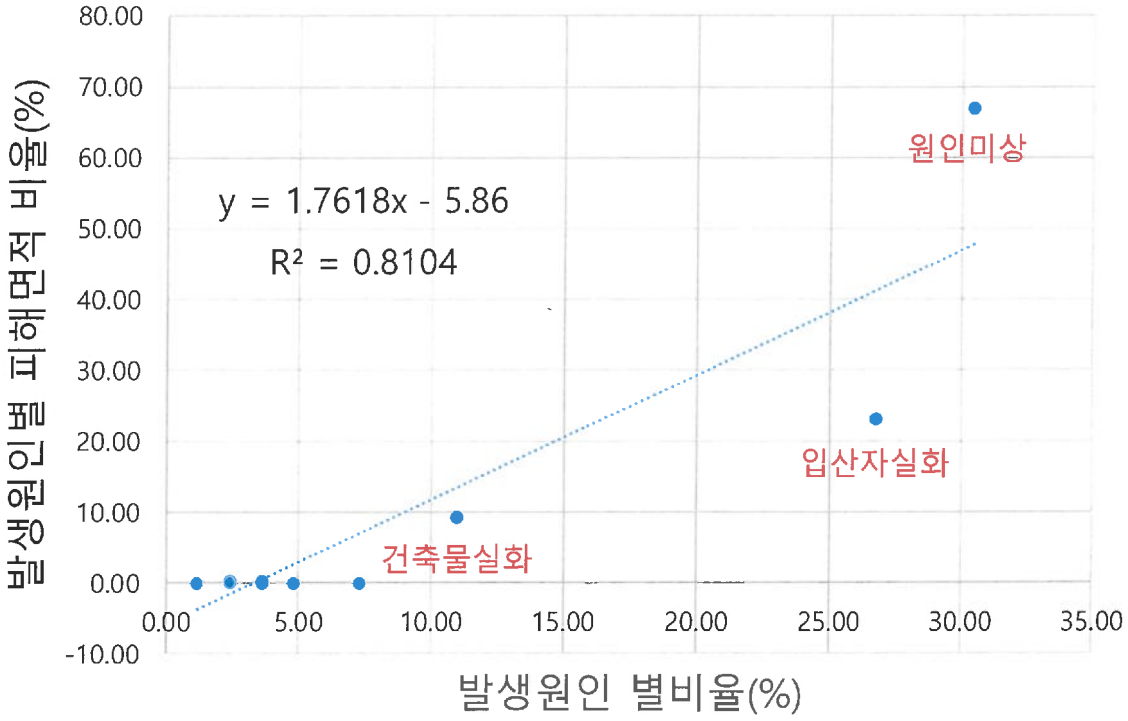
〔그림 3.6〕 삼척시 연도별 산불발생 피해면적 현황 (2004~2024년)
(2004~2024년 기간에 대한 당해 연도 비율을 의미함)



〔그림 3.7〕 삼척시 원인별 산불발생 건수 현황 (2004~2024년)
(2004~2024년 기간에 대한 당해 연도 비율을 의미함)



〔그림 3.8〕 삼척시 원인별 산불발생 피해면적 현황 (2004~2024년)
(2004~2024년 기간에 대한 당해 연도 비율을 의미함)



〔그림 3.9〕 삼척시 산불발생 원인과 피해 면적과의 상관관계 (2004~2024년 자료)

제4장 2022년 삼척시 원덕읍 산불로 인한 온실가스 발생량 및 흡수량 추정

4.1 개요

○ 산불발생에 따른 온실가스 발생량 및 흡수량을 추정하기에 앞에 해당 건에 대한 일반적 현황을 다음과 같이 정리하였음

- 발생 일시 : 2022. 3. 4
- 발생 장소 : 삼척시 원덕읍 월천리 산29외 329필
- 피해 면적 : 2,161.97 ha
- 발생 원인 : 미상

4.2 온실가스 발생량 추정

○ 산불에 따른 온실가스 발생량 가능한 정확히 산출하기 위해서는 해당 지역에 대한 산림 형태(수종, 수령 등) 등에 대한 사전자료가 확보되어 있어야 하지만 이러한 자료가 존재하지 않고 산불로 인해 이미 전소되었으므로 문헌연구(국립산림과학원, 2009)에 기초하여 추정하기로 하였음

○ 가정

- 산불 형태 : 산불이 커져 수관층의 잎과 잔가지까지 다 태워버리는 수관화
- 주요 수종 : 소나무
- 소나무 형태 : 가슴높이 직경 = 18.6 cm, 수고 = 10.7 m, ha당 = 2,300본
- 소나무 중 탄소함량 : 50% (IPCC 2006 설정값)

○ 분석결과

- 소나무 숲이 2,161.97 ha 소실됨에 따라 총 31,881 톤의 탄소가 발생되며, 이를 이산화탄소로 환산하면 116,899톤이 발생되는 것으로 추정됨([표 4.1] 참조)

〔표 4.1〕 2022년 삼척시 원덕읍 산불에 따른 층위별 연소량 및 탄소 배출량 추정

층 위	연소량(kg)/ha	총연소량(kg)	총탄소량(톤)	이산화탄소 발생량(톤)
수관층 연소	12,793	27,658,082	13,829	50,706
관목층 연소	6,410	13,858,228	6,929	25,407
지표층 연소	10,290	22,246,671	11,123	40,786
합 계	29,493	63,762,981	31,881	**116,899**

- 자동차 1대의 연간 이산화탄소 배출량을 8톤으로 가정하여 환산하면, 본 산불로 인하여 총 14,613대의 자동차가 1년 동안 배출하는 이산화탄소와 동일한 양이 배출된 것으로 추정됨

4.3 손실된 온실가스 흡수량 추정

(1) 산림수목 흡수량

❍ 산림은 수종 및 수령에 따라 탄소흡수량이 다르므로 문헌연구(환경부, 2021) 자료를 인용하여 추정하였음

❍ 가정

- 수종 : (강원지역) 소나무
- 수령 : 30년
- 탄소흡수량 : 8.1 kg/년 (참고문헌에 의거 추정치 적용)
- ha당 소나무 밀도 : 2,300본 (上記 발생량 추정과 동일 적용)

❍ 산림수목 흡수량 계산

- 2,300본/ha(소나무 밀도) × 2,161.97 ha(피해면적) × 8.1 kg/년(30년 소나무 1본당 탄소흡수량) × 톤(as C)/1,000 kg = 40,277.5 톤(as C)/년
- 이를 이산화탄소 흡수량으로 환산하면,

  40,277.5 톤(as C)/년 × 44/12 = **147,684 톤(as CO_2)/년**

(2) 산림토양 흡수량

❍ 산림토양에 존재하는 유기물 등이 축적하는 양을 문헌연구(2050 탄소중립위원회, 2021) 자료를 인용하여 추정하였음

❍ 가정

- 소나무는 침엽수에 해당하므로 단위 면적당 토양탄소저장량은 38.8 톤(as C)/ha으로 가정함

❍ 산림토양 흡수량 계산

- 38.8 톤(as C)/ha × 2,161.97 ha(피해면적) = 83,884.4 톤
- 이를 이산화탄소 흡수량으로 환산하면,

  83,884.4 톤(as C) × 44/12 = **307,576.3 톤(as CO_2)**

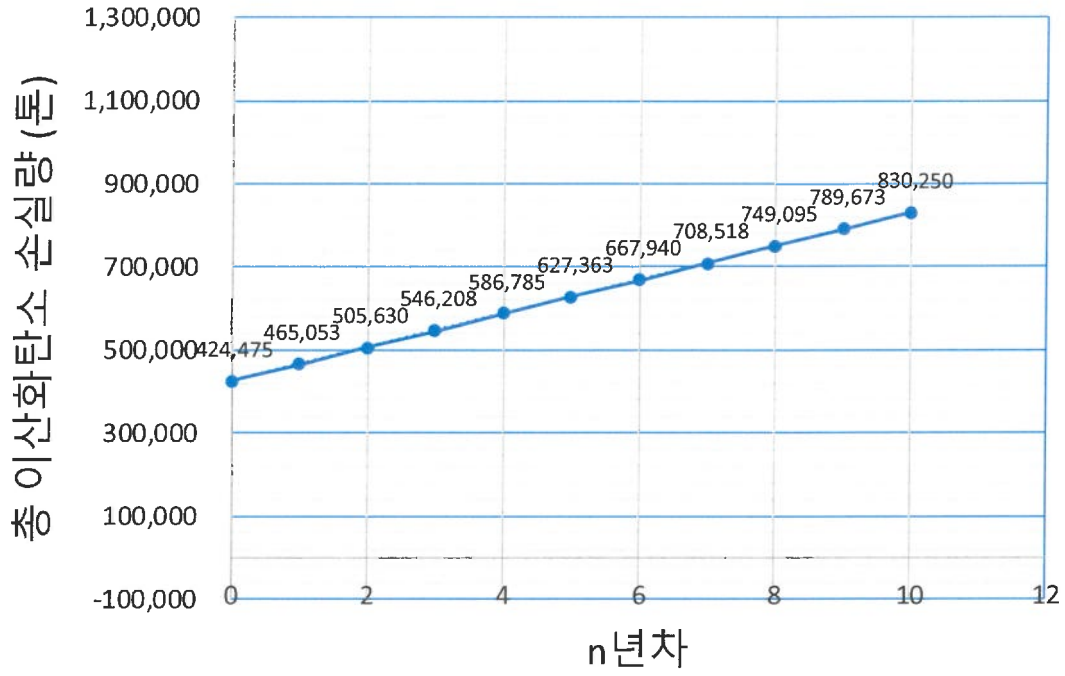
4.4 산불로 인한 온실가스 관련 총 손실 추정

❍ 산불이 발생하지 않았을 경우 산림수목은 지속적으로 이산화탄소를 흡수하고 산림토양은 이산화탄소를 저장함. 여기에서 잘 이해해야 될 부분은 산림수목은 나무가 살아 있는 한 지속적으로 이산화탄소를 흡수하지만 토양은 포화상태로 이산화탄소를 저장하고 나면 더 이상 흡수하지 않는다는 점임

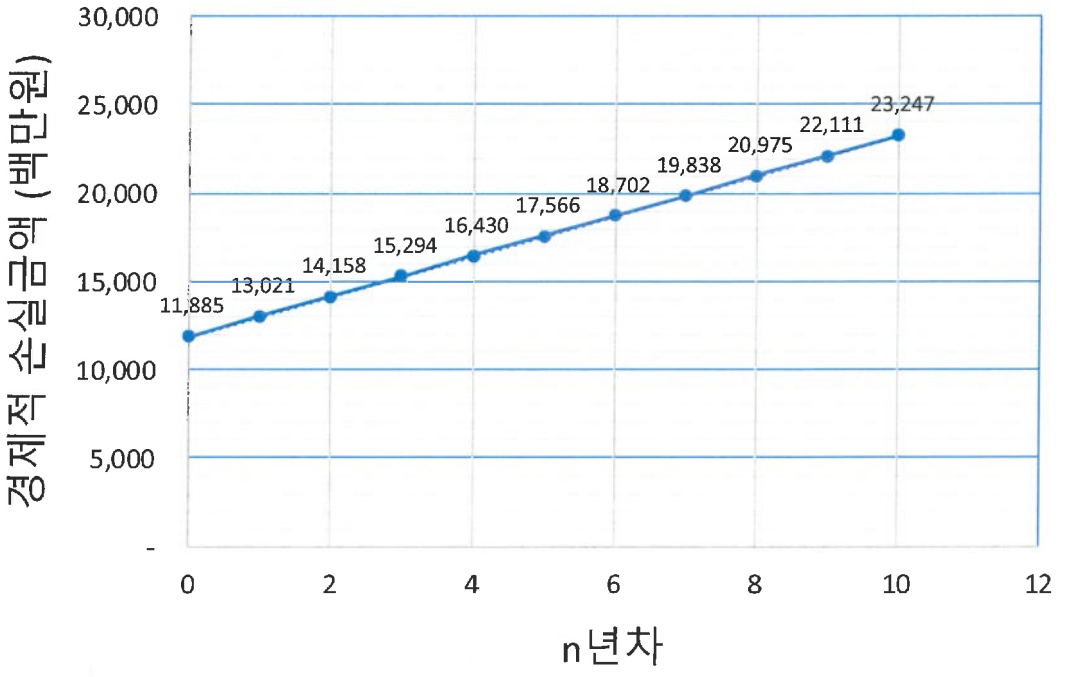
❍ 따라서, 2022년 삼척시 원덕읍에 산불이 발생하여 소나무 숲 2,161.97 ha가 소실됨에 따라 수목이 연소되면서 이산화탄소가 116,899 톤이 발생되고 산림토양이 저장해야 할 이산화탄소를 307,576 톤 잃어버리게 되며, 산림이 소실이 되지 않았다면 연간 이산화탄소량을 40,277.5 톤/년 흡수할 수 있는 기회를 잃어버리는 셈이 됨

❍ 산불로 인한 연소에 의해 발생되는 이산화탄소량(116,899 톤)과 토양저장 이산화탄소량(307,576 톤)을 Y절편으로 잡고 매년 해당 면적에서 흡수하지 못하는 이산화탄소량을 표현하면 [그림 4.1]과 같음

❍ 산불피해로 흡수하지 못하는 이산화탄소 흡수량을 탄소배출권을 적용하여 경제적 가치로 환산하여 보았음. 탄소배출권 거래 가격은 2018~2020년 최저 15,000원/톤, 최고 40,900원/톤을 형성하였으며(비지니스포스트, 2023. 8. 18), 이의 중앙값(약 28,000원/톤)을 이용하여 적용하면 산림 미복구시 삼척시 원덕읍 대형산불로 인하여 발생되는 온실가스의 탄소비용은 산불 발생 당해연도 11,885 백만원에서 시작하여 매년 1,128 백만원의 추가적 경제적 손실을 가져오게 되는 셈임([그림 4.2] 참조)



〔그림 4.1〕 연차 경과에 따른 이산화탄소 흡수 기능 손실량



〔그림 4.2〕 연차 경과에 따른 경제적 손실액

제5장 결론

- 2004~2024년 동안 삼척시에서는 매년 1~7건의 산불이 발생하였으며, 전체적으로는 총 82건이 발생하였음. 이를 원인별로 살펴보면 원인 미상이 30.5%(25건)로 가장 높았으며, 다음으로는 입산자실화(26.8%, 22건)와 건축물실화(11.0%, 9건) 순으로 나타남
- 해당 기간 동안 연도별 산불피해 면적은 0.1~2,170 ha를 나타내었으며, 2022년 3월에 원덕읍에서 발생한 원인 미상의 산불 1건은 2,162 ha의 피해면적을 발생시켰는데 이는 삼척시에서 21년 동안 발생한 총 피해면적(3,359 ha)의 64%에 해당함
- 2022년 삼척시 원덕읍에 산불이 발생하여 소나무 숲 2,161.97 ha가 소실됨에 따라 수목이 연소되면서 이산화탄소가 116,899 톤이 발생되고 산림토양이 저장해야 할 이산화탄소를 307,576 톤 잃어버리게 되며, 산림이 소실이 되지 않았다면 연간 이산화탄소량을 40,277.5 톤/년 흡수할 수 있는 기회를 잃어버리는 셈이 됨
- 산불피해로 흡수하지 못하는 이산화탄소 흡수량을 탄소배출권을 적용하여 경제적 가치로 환산한 결과 산림 미복구시 삼척시 원덕읍 대형산불로 인하여 발생되는 온실가스의 탄소비용은 초기 11,885 백만원에서 시작하여 매년 1,128 백만원의 경제적 손실을 가져오게 되는 결과를 초래함

참 고 문 헌

- 강원특별자치도산불방지센터(https://forestfire.gwd.go.kr/) (접속일 : 2025. 4. 18)
- 공공데이터포털(data.go.kr), 삼척시 산불발생현황 (접속일 : 2025. 4. 19)
- 국립산림과학원, “산불” 지구온난화의 주범- 산불에 의한 이산화탄소 배출량 심각 -, 보도자료 (2009. 4. 10)
- 딜로이트 인사이트 편집국, 2050 탄소중립 로드맵-글로벌 탄소가격제도 현황 (2021)
- 산림청(https://www.forest.go.kr/) (접속일 : 2025. 4. 19)
- 산림청, 2023년 산불통계 연보 (2024. 2)
- 산림청, 2023 봄철 전국동시다발 산불백서 (2024. 4)
- 2050 탄소중립위원회, 시민대토론회 탄소중립시민회의 학습자료집 (2021)
- 환경부, 탄소중립 생활 실천 안내서-가정편 (2021. 8)

【주　　의】

1. 이 보고서는 삼척시탄소중립지원센터에서 시행한 '2025 제1차 삼척시 탄소중립 정책 및 계획 수립·시행 지원사업' 으로 수행된 최종보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 삼척시탄소중립지원센터에서 시행한 '2025 제1차 삼척시 탄소중립 정책 및 계획 수립·시행 지원사업' 의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

삼척시탄소중립지원센터의 연구사업은 ㈜삼표시멘트의 후원과 시멘트산업사회공헌재단의 지원을 받아 시행하고 있습니다.