

2024-009
정책연구

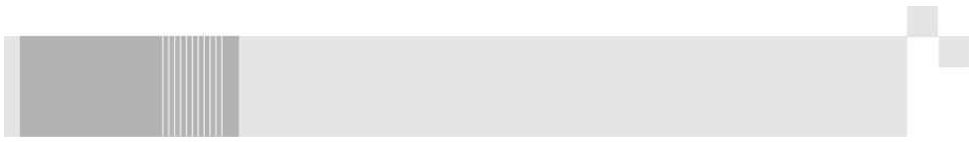
강원지역 폭염 사업
최적 입지 선정에 관한 연구



목차


제1장 서론	3
제1절 연구의 필요성 및 목적	3
제2절 연구내용 및 범위	4
제2장 강원지역 폭염 현황	7
제1절 폭염 정의	7
제2절 폭염 현황	9
제3절 폭염 대응 정책 현황	1
제3장 폭염 취약성 평가	25
제1절 취약성 평가 개념	25
제2절 폭염 취약성 평가 방법	33
제3절 강원지역 폭염 취약성 평가 결과	50
제4장 결론	55
제1절 강원도 폭염 사업 우선순위 지역	55
제2절 폭염 피해 최소화를 위한 사업 제언	55

참고문헌 61



표목차

<표 2-1> 국가별 폭염의 정의	7
<표 2-2> 국내 여름철 체감온도 산출식	8
<표 2-3> 부처별 폭염 사업	15
<표 2-4> 경기도 폭염 대책 주요 추진상황	18
<표 3-1> 주요 기관별 취약성 평가 정의	27
<표 3-2> 취약 등급 분류	33
<표 3-3> 폭염에 의한 건강 취약성 평가 지표	34
<표 3-4> 폭염에 대한 기반시설 취약성 평가 지표	35
<표 3-5> 폭염에 의한 온열질환 취약성 평가 지표	35
<표 3-6> 폭염에 의한 정신질환 취약성 평가 지표	36
<표 23-7> 폭염에 의한 주거지역 취약성 평가 지표	37
<표 3-8> 폭염 및 한파에 의한 냉난방 관리 비용 취약성 평가 지표	38
<표 3-9> 폭염 취약성 평가 지표 목록 구축	39
<표 3-10> 광주광역시 폭염 취약성 평가 지표	41
<표 3-11> 폭염 취약성 평가 지표 데이터 수집 정보	42
<표 3-12> 지표의 표준화 방법	45
<표 3-13> 가중치 산정 결과	47
<표 3-14> 강원지역 폭염 취약성 평가 결과	50
<표 3-15> 강원지역 폭염 취약 등급	51



그림목차

[그림 2-1] 체감온도에 따른 폭염 특보 매트릭스	9
[그림 2-2] 강원도 기온 현황	10
[그림 2-3] 강원도 영동지역 연도별 평균 폭염 현황	11
[그림 2-4] 강원도 영서지역 연도별 평균 폭염 현황	12
[그림 2-5] 미래 강원도 폭염일수 전망	13
[그림 2-6] 미래 강원도 18개 시·군 폭염일수 전망	14
[그림 3.1] 기후변화 취약성의 개념적 틀(IPCC, 2001)	29

제 1 절 연구의 필요성 및 목적

제 2 절 연구내용 및 범위

제 1 장

서 론

◀◀ 제1절 연구의 필요성 및 목적

- 최근 기후변화에 따른 이상기후 현상으로 평균기온이 급격하게 상승하고 있으며, 극한기후일수의 강도 및 발생빈도도 증가하고 있는 추세임
- 강원도는 최근 30년간 평균기온이 1.2℃ 상승하고, 열대야와 폭염일수는 증가하고 적설량과 한파일수는 감소하고 있는 추세임
 - 폭염 일수 : 3.6일 → 15일 (약 4.2배 증가)
 - 열대야 일수 : 0.3일 → 4.3일 (약 14.3배 증가)
- 이에 따라 폭염에 취약한 계층의 일사병, 열사병과 같은 온열질환자가 발생하는 등 인명피해가 증가하고 있음
 - 평년 평균기온 0.95℃ 상승, 폭염일수 2.5일 증가, 열대야 일수 3.6일 증가하면서 최근 10년 721명의 온열질환자 발생
 - 10만 명당 온열질환자 발생률 전국 3위(최근 10년)
 - 도내 폭염 피해 현황(2023년) : 온열질환자 92명, 가축피해(4개 시군, 10개 농가, 11,342두 폐사)
- 폭염으로 인한 피해를 최소화 하기 위하여 정부와 지방자치단체들은

다양한 정책을 시행하고 있음

- 쿨루프, 쿨링포그, 쿨링로드, 그늘막 설치, 폭염 대피소 운영 등 다양한 대책을 시행하고 있음
- 폭염 사업의 효과를 극대화 하기 위해서는 환경·사회·경제적 특성을 반영하여 폭염으로 인한 취약지역을 선정하여 대책의 최적 입지를 선정할 필요가 있음
- 따라서 본 원고에서는 폭염 취약성 평가를 통해 강원도의 폭염 대응 사업 추진을 위한 최적의 입지를 선정하고자 함

《 제2절 연구범위 및 주요내용

1) 강원지역 폭염 현환

- 폭염의 정의
- 폭염 현황
- 폭염 대응 정책 현황

2) 폭염 취약성 평가

- 기후변화를 고려한 폭염 취약성 평가 지표
- 강원지역 폭염 취약성 평가

3) 강원도 폭염 사업 우선순위 지역 선정

4) 폭염 피해 최소화를 위한 사업 제언

제 2 장

강원지역 폭염 현황

제 1 절 폭염 정의

제 2 절 폭염 현황

제 3 절 폭염 대응 정책 현황

강원지역 폭염 현황

《 제1절 폭염 정의

- ‘폭염은 비정상적인 고온 현상이 수일에서 수십일간 지속되며, 인적 물적 피해를 발생하게 하는 재해를 의미함
- ‘유사한 용어로는 이상고온, 열섬현상, 극한더위, 열파 등이 있음
- ‘폭염을 정의하는 수치는 전 세계 통일된 기준을 적용하는 것이 아니라, 각 국가별로 기준이 상이함

<표 2-1> 국가별 폭염의 정의

구분	지표 설명	주의보	경보
미국	열지수 ¹⁾	105°F(약 40.5°C) 이상 1~2일 지속	115°F(약 46°C) 이상 1~2일 지속
유럽	체감온도	33°C 이상 2일 지속	35°C 이상 2일 지속
일본	WBGT ²⁾	31°C 이상	33도 이상

1) 미국 기상청에서 고온다습한 환경에 대국민 정보를 더욱 효율적으로 제시하기 위하여 기온과 습도에 따라 사람이 실제로 느끼는 더위를 지수화한 것

2) WBGT(Wet Bulb Globe Temperature)는 기온, 습도, 직사광선, 바람 등을 종합적으로 고려하여 사람이 실제로 느끼는 더위를 평가하는 지수

- ‘대부분 세계 각국에서는 과거 모두 일 최고 기온만을 고려하여 폭염특보 기준으로 사용하였으나, 최근에는 열지수, 체감온도, WBGT와 같이 기온뿐만 아니라 습도, 바람 등의 영향을 종합적으로 고려하는 방식을 채택함
- ‘국내 기상청에서도 지난 2020년 5월부터 폭염이 건강에 미치는 영향을 제대로 반영하기 위하여 기온과 습도를 고려한 체감온도를 특보 기준으로 사용하고 있음
- ‘기상청에서 정의하고 있는 체감온도는 여름철 체감온도(5월~9월)와 겨울철 체감온도로 구분하며, 여름철 체감온도는 일 최고 기온과 습구온도 및 상대습도에 의해 산정할 수 있음

<표 2-2> 국내 여름철 체감온도 산출식

$$ST = -0.2442 + 0.55399 T_w + 0.45535 T_a - 0.0022 T_w^2 + 0.00278 T_w T_a + 3.5$$

$$T_w = T_a \times \text{atan}(0.151977(RH + 8.313659)^{1/2}) + \text{atan}(T_a + RH) - \text{atan}(RH - 1.67633) + 0.00391838 RH^{3/2} \text{atan}(0.023101 RH) - 4.686035$$

여기서 T_a 는 기온, T_w 는 습구온도, RH 는 상대습도를 의미함

- ‘현재 국내 기상청은 33℃ 이상 2일 지속될 때 폭염주의보 35℃ 이상 2일 지속될 때 폭염경보로 발령하고 있음
- ‘여름철 체감온도에 따른 폭염 특보 기준을 환경보건종합정보시스템³⁾에서는 다음과 같이 기온과 습도에 따른 매트릭스 형태로 제시하였음

3) 환경보건종합정보시스템(<https://www.ehtis.or.kr/>)

9 | 강원지역 폭염 사업 최적 입지 선정에 관한 연구

폭염특보 기준 ● 관심 ● 주의 ● 경고 ● 위험

습도 \ 기온	27°C	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C
50%	27°C	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	
55%	27°C	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C
60%	27°C	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	40°C	41°C	42°C
65%	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C
70%	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	42°C	43°C
75%	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C	43°C
80%	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C	43°C
85%	29°C	30°C	31°C	32°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C	43°C	44°C
90%	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C	43°C	44°C
95%	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	40°C	41°C	42°C	43°C	44°C	45°C
95%	30°C	32°C	33°C	34°C	35°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C	43°C	44°C	45°C

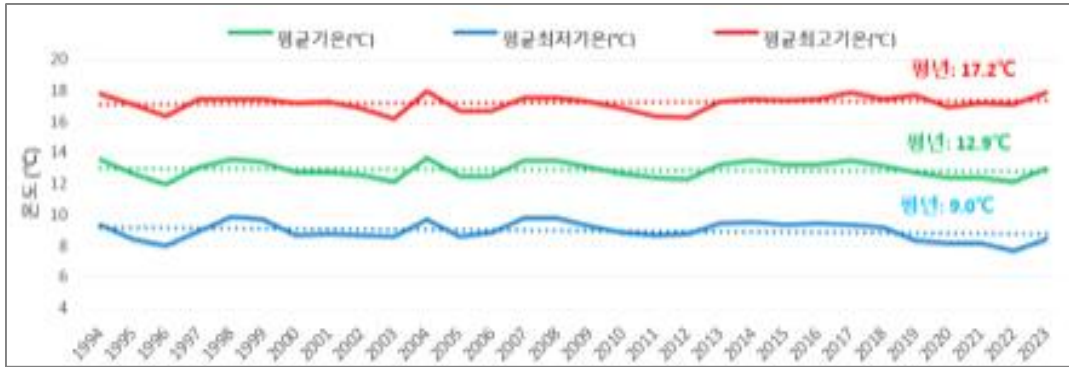
[그림 2-1] 체감온도에 따른 폭염 특보 매트릭스

제2절 폭염 현황

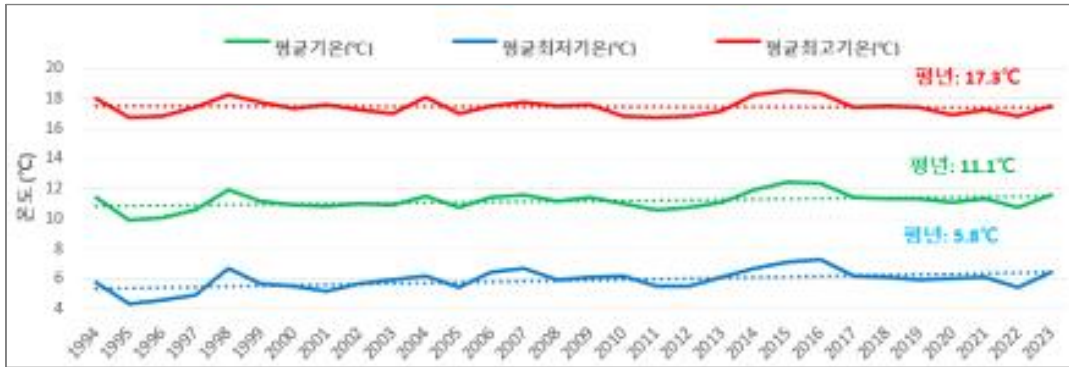
1) 과거 폭염 현황

- 강원도 영동지역의 평년(1991~2020년) 평균기온 12.9°C, 평균최고기온 17.2°C, 평균최저기온 9.0°C인 것으로 나타남
- 강원도 영서지역의 경우 평년(1991~2020년) 평균기온 11.1°C, 평균최고기온 17.3°C, 평균최저기온 5.8°C인 것으로 나타남
- 영서지역 보다 영동지역의 평년 평균기온, 평균최저기온, 평균최고기온 모두 높은 것으로 나타남
- 최근 30년(1994~2023년) 평균기온, 평균최저기온, 평균최고기온의 경향성을 살펴보면 영동지역의 경우 평균최고기온이 증가하는 경향을 보이고 있으며, 평균기온과 평균최저기온은 감소하는 경향을 보이고 있으나, 영서지역의 경우 평균기온, 평균최고

기온, 평균최저기온 모두 증가하는 경향을 보이고 있음



(a) 영동지역 기온 현황

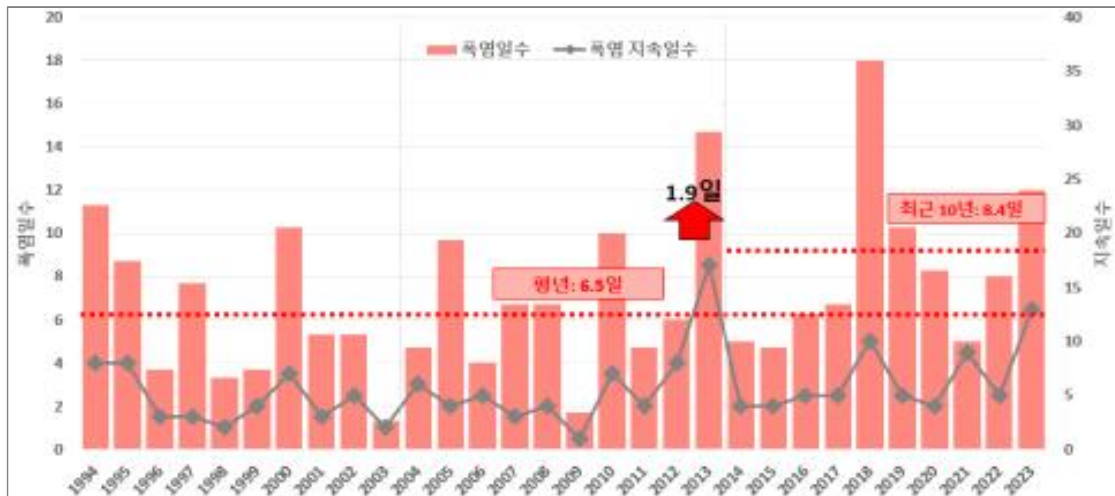


(b) 영서지역 기온 현황

[그림 2-2] 강원도 기온 현황

- 전국 평년(1991~2020년) 폭염일수는 10.5일이며, 강원도 영동 지역의 평년 폭염일수는 6.5일로 전국 대비 4일 적게 발생하는 것으로 나타남
- 강원도 영동지역의 평년 폭염일수는 6.5일이며, 최근 10년 (2014~2023) 평균 폭염일수는 8.4일로 평년 대비 최근 10년 1.9일 증가하였음
 - 2018년 18일의 폭염이 발생하였으며, 이는 역대 최악의 폭염으로 기록되었음

- 2003년과 2009년 1일의 폭염이 발생하였으며, 이는 최근 30년 동안 가장 적은 폭염일수를 기록하였음
- 폭염지속일수 역시 평년 5.6일에서 최근 10년 6.4일로 0.8일 증가하였음
- 가장 긴 폭염지속일은 2013년도에 17일간의 폭염이 지속된 것으로 나타남

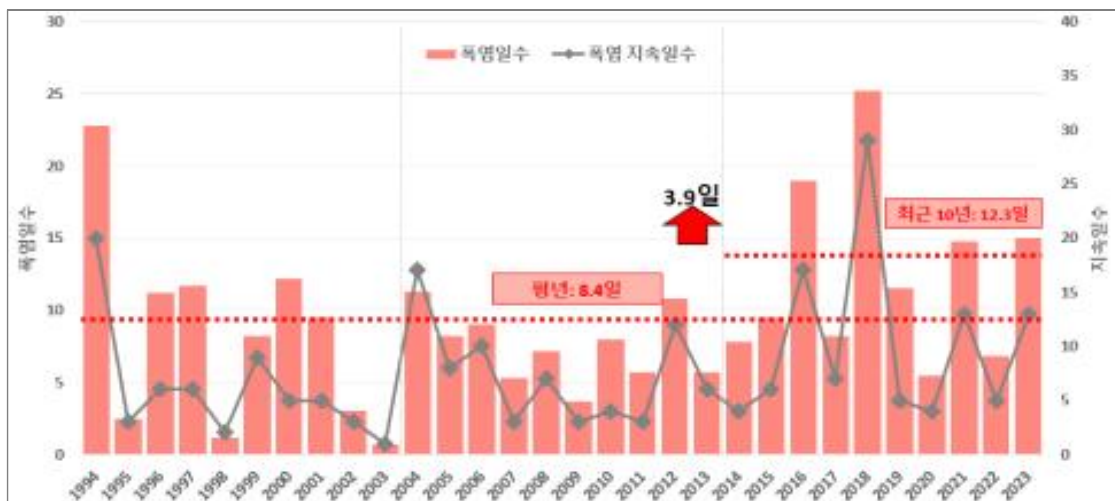


[그림 2-3] 강원도 영동지역 연도별 평균 폭염 현황

- 강원도 영서지역의 경우 평년 8.4일의 폭염이 발생하였으며, 전국 대비 2.1일 적게 발생하는 것으로 나타남
- 영서지역의 평년 폭염일수는 8.4일이며, 최근 10년(2014~2023) 평균 폭염일수는 12.3일로 평년 대비 최근 10년 3.9일 증가하였음
- 영서지역 역시 2018년도에 25일의 폭염이 발생하여 역대 최고치를 기록하였으며, 영동지역에 비해서도 7일의 폭염이 더 발생하였음
- 1998년과 2003년 1일의 폭염이 발생하였으며, 이는 최근 30년

동안 가장 적은 폭염일수를 기록하였음

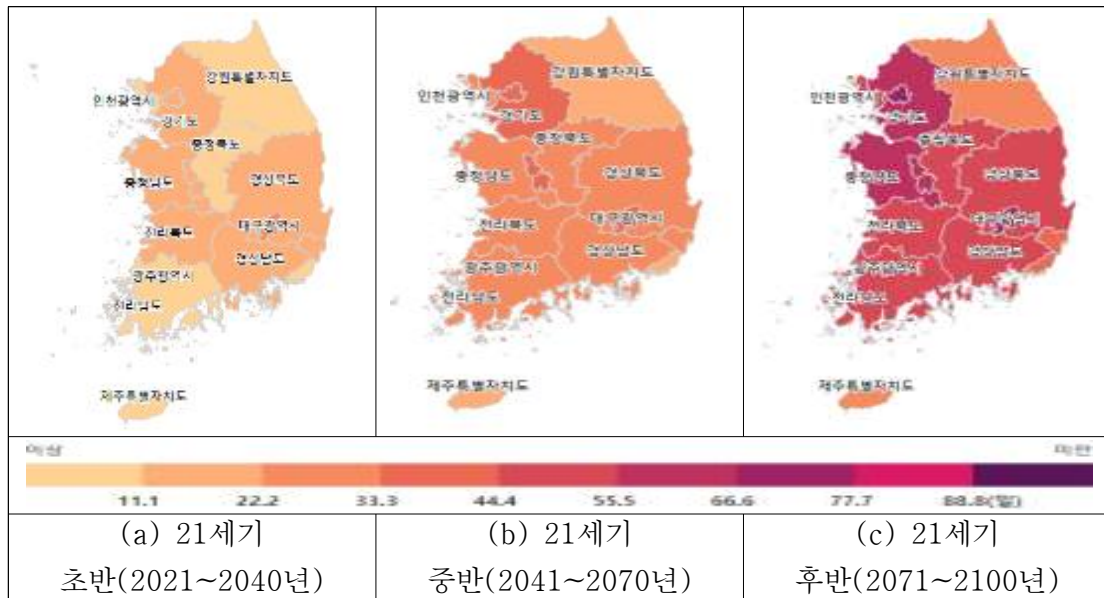
- 폭염지속일수 역시 평년 7.8일에서 최근 10년 10.3일로 2.5일 증가하였음
- 가장 긴 폭염지속일은 2018년도에 29일간의 폭염이 지속된 것으로 나타남



[그림 2-4] 강원도 영서지역 연도별 평균 폭염 현황

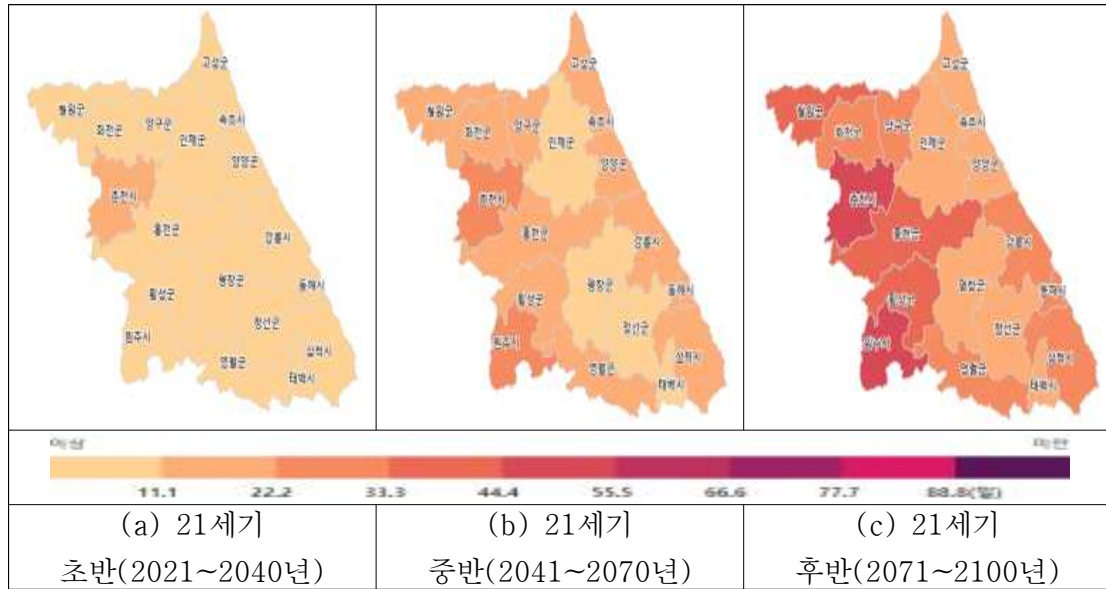
1) 미래 폭염 전망

- 전국 기후변화로 인한 폭염일수는 21세기 초반 13.7일, 중반 29.8일, 후반 52.5일로 후반기로 갈수록 폭염일수는 증가하는 것으로 전망
- 강원특별자치도와 제주도의 폭염일수가 가장 적게 발생하는 것으로 전망
- 강원특별자치도의 폭염일수는 21세기 초반 5.5일, 중반 15.0일, 후반 28.4일로 증가하는 것으로 전망



[그림 2-5] 미래 강원도 폭염일수 전망

- 강원특별자치도 시·군의 폭염일수는 후반기로 갈수록 모든 지역에서 증가하는 것으로 전망되었음
- 폭염일수가 가장 많이 발생하는 것으로 전망된 지역은 춘천시이며, 가장 적게 발생하는 지역은 태백시인 것으로 나타남
 - 21세기 초반 춘천시 11.9일, 태백시 1.2일
 - 21세기 중반 춘천시 28.4일, 태백시 4.3일
 - 21세기 후반 춘천시 49.4일, 태백시 11.6일



[그림 2-6] 미래 강원도 18개 시·군 폭염일수 전망

《 제3절 폭염 대응 정책 사례

1) 부처별 주요 폭염 정책

- (환경부)기후위기 취약계층·지역 지원사업
 - 환경부는 취약계층 및 지역에 적합한 지원사업 유형을 적용한 적응 시설 설치를 지원하여 기후 탄력성 증대

<표 2-3> 부처별 폭염 사업

사업유형	세부내용
취약가구 시설 차열페인트 도장사업	- 폭염대응 실내 열환경 개선을 위해 건물 옥상, 지붕, 외벽에 차열페인트 도장
야외근로자 이동식 폭염쉼터 설치 사업	- 폭염 대응 이동식 쉼터(트레일러) 제작 운영 - 차량용 트레일러 구조물, 냉방기 등 설치 지원
폭염대응 쉼터 조성사업	- 폭염 쉼터 조성사업 - 그늘조성, 녹지 조성, 차열페인트(바닥, 시설, 장비표면), 쿨링설비, 음수시설, 자연통풍 형성 등
녹색공간 조성사업	- 건물 녹화조성(옥상녹화, 벽면녹화, 그린커튼 등)

○ (행정안전부) 폭염 대비 시설·물품 지원

- 여름철 폭염 대비 지자체 예방 활동을 선제적으로 추진할 수 있도록 시설·물품 준비 지원
- 그늘막, 물안개 분사장치 등 폭염 저감 시설 설치, 무더위쉼터 정비 및 운영, 폭염 예방물품 보급 및 취약계층 보호 강화, 폭염 대비 국민행동요령 안내 등 각 지자체의 폭염피해 예방사업 지원

- (고용노동부) 폭염 취약 사업장 대책 설비 지원
 - 폭염에 취약한 근로자의 건강보호를 위해 대책설비 구입비용의 일부를 지원하여 안전하고 건강한 일터 조성
 - 폭염대비 이동식 에어컨, 그늘막 등 사업장에서 자율적으로 신청하여 예산 지원

2) 지자체별 주요 폭염 정책

- 서울시 2024년 폭염 종합대책
 - 서울시는 폭염 위기단계별 신속하고 효과적인 대응을 위해 위기 관리체계를 세밀하게 구축하였음
 - 특보발효 시 폭염종합지원상황실을 즉시 설치해 위기상황과 정보를 신속하게 전파하였음
 - 생활지원, 에너지 복구, 의료방역, 구조구급을 상황실로 일원화하여 효율성을 극대화
 - 서울시에서는 인적·물적 자원을 총동원하여 폭염에 적극 대응할 수 있도록 계획하였음
 - 취약계층 대상 전용 무더위 대피공간을 확대 운영하였고, 열대야를 피하기 힘든 저소득층을 대상으로 '안전숙소'에 대한 객실료를 지원
 - 폭염취약 시민(어르신, 쪽방주민 등)에 대한 돌봄 활동을 추진
 - 도시 열기를 낮추기 위한 폭염저감시설은 그늘막 3,547개, 스마트 쉼터·쿨링포그·그늘막 등 5,080개소가 설치되어 있으며, 추가로 그늘막 322개, 스마트쉼터 9개소 등 391개 폭염저감시설을 추가로 설치하였음

- 현재 운영중인 무더위쉼터는 시설물을 재정비하고, 기후행동쉼터는 일반 시민 누구나 더위를 피할수 있도록 확대하였음(서울 시내 은행지점 및 편의점 등 250여 곳에서 운영)
- 또한 열섬완화를 위한 지하철 유출지하수를 이용한 쿨링로드를 13개소 운영하고, 살수차 189대를 투입하여 최고기온 시간대에 일 2~3회 운영
- 대구광역시 폭염 및 도시열섬현상 대응 기본계획
 - 대구광역시에서는 폭염 및 도시열섬현상 대응 기본계획을 수립하여 폭염 대응 4대 전략을 구체화하고 효과적인 사업을 발굴하여 도시 열환경을 개선하기 위해 노력하였음
 - 전략 1 : 사각지대 없는 폭염 대응
 - 폭염 및 열섬현상 저감을 위한 클린로드 시스템 확대
 - 폭염 취약계층 돌봄 통합 플랫폼 운영
 - 폭염 분야 실무협의회 운영 및 폭염종합안전센터 설립
 - 전략 2 : 더 효과적인 폭염저감
 - 폭염취약 노후불량주택 개선
 - 옥상녹화 다각화 사업 추진 및 클루프 사업 확대
 - 빅데이터 기반 도시열환경 모니터링 스마트화 추진
 - 폭염 경감시설 다양화 추진
 - 전략 3 : 멀리 내다보는 폭염 준비
 - 도시열섬 저감형 도시재생사업 확대
 - 쾌적한 도시열환경관리 가이드라인 마련

- 전략 4 : 지역에 도움되는 폭염활용
 - 도시열섬저감형 신에너지산업 육성
 - 여름철 관광 및 휴양자원 공동 개발
- 경기도 2023년 폭염 종합대책
 - 경기도에서는 폭염 위기경보 기준에 따라 폭염 상황관리 합동전담팀 및 재난안전대책본부를 구성하여 운영 및 총 9개 주요 저감 사업을 추진

[표 2-4] 경기도 폭염 대책 주요 추진상황

주요 폭염 대책	상세 내용
생활 밀착형 폭염 저감시설 확대	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폭염으로 인한 도민 피해 최소화를 위해 그늘막, 그늘목 등 폭염 저감시설 확대설치 (총 1,513개소)
폭염취약계층 대상 예방용품 및 무더위쉼터 운영 등 지원 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 냉방시설 이용이 어려운 폭염취약계층 대상 소모성 예방물품 지원 ▪ 무더위쉼터 운영 및 도로살수비용 지원
열섬 완화 및 냉방비 절감을 위한 공공시설 옥상녹화 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 무더위쉼터로 지정된 공공시설 옥상녹화
저소득·장애인가구 냉방비 지원사업 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저소득 장애인가구 22,340가구 냉방비 지원(가구별 12만원 지원)
경로당 냉방비 지원사업 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경로당 8,059개소 냉방비 지원, 개소별 2개월분 23만원

주요 폭염 대책	상세 내용
취약계층 에너지 복지 지원사업 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폭염에 취약한 저소득 독거노인가구에 냉방기기 설치 지원, 24개 시·군 840가구
폭염 취약계층 피해방지 중점 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 방문건강관리사업(약15만 가구) 및 노인맞춤돌봄서비스사업(79,239명) 연계 폭염 특보 기간 비상연락망 및 대상자 주변 응급 연락망 구축 직접방문 ▪ 노숙인시설 기능보강 사업 비용 지원
폭염 대비 건설공사장 및 이동노동자 안전관리 추진	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도 내 진행 건설공사 현장(16,689개소) 중심으로, 안전관리 상황체계 구축·운영
폭염 대응 홍보 활동 강화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 누리집, 누리소통망 등을 활용한 안전의식 캠페인 및 행동요령 홍보 ▪ 폭염행동요령 및 무더위쉼터 안내 리플릿 55,000부 제작 홍보

- 용인시 25년 기후위기 취약계층·지역 지원사업 추진(환경부)
 - 용인시는 인구 108만의 도농복합도시로 제3차 용인시 기후위기 적응대책(2024~2028)을 수립 완료하고 6개부문 39개 세부사업을 추진하고 있음
 - 하지만 폭염시 실외에서 쉴 수 있는 공간이 매우 부족하다고 판단되어, 환경부에서 주관하는 「25년 기후위기 취약계층·지역 지원사업」 제4유형인 폭염쉼터 조성사업 공모에 지원하여 선정되었음
 - 용인시에서는 과학적 근거(고해상도 격자기반 폭염 취약성 평가) 기반으로 폭염 대응 쉼터 조성사업의 우선순위를 선정하였음

- 대상공원 반경 500m 취약계층 분포, 공원 내 유동인구, 공원반경 500m 고온지역 면적을 고려한 폭염 취약지수 산정
- 폭염대응 쉼터 조성 후보지 대상 현황 전수조사를 통해 시설 인프라(전기 및 상수도 인입 현황 등)를 검토하여 최종 선정
- 격자별 폭염 취약성 평가를 위하여 아래와 같은 평가지표들을 활용하였음
- 100m×100m 격자별 유아·고령 거주 인구와 통신사 기반 유동인구 분포를 확인
- 2015년·2023년 하절기 위성영상 기반 30m×30m 격자단위 지표면 온도 산정 및 고온 지역 면적(38℃ 이상) 도출
- 용인시 어린이공원, 근린공원, 체육공원 등의 공간자료를 활용
- 총 3개소 공원을 선정하였고, 기존 쉼터 시설물에 쿨링포그 시스템을 결합하여 사업을 추진하였음

3) 강원지역 주요 폭염 정책

- 춘천시
 - 취약계층 방문건강관리 서비스
 - 도시열섬현상 저감사업

- 원주시
 - 저소득층 검진사업
 - 방문건강 관리사업

- 독거노인 응급안전 서비스
- 무더위쉼터 냉방비 지원
- 폭염한파 주의경보 및 국민행동요령 안내홍보

○ 속초시

- 시민 취약계층 맞춤형 생활복지 사업
- 자원봉사센터 운영 활성화
- 무더위쉼터 확대 보급사업
- 옥상 녹화(텃밭) 중점지구 사업
- 기후변화 적응 가이드라인 배포
- 취약계층 건강 모니터링 및 DB구축

○ 홍천군

- 맞춤형 사회안전망 구축
- 안전관리체계 구축

○ 횡성군

- 폭염 예·경보 시스템 및 감시체계 구축
- 취약계층 비상콜 서비스
- 취약계층 방문건강관리 사업
- 독거노인 돌봄서비스

- 독거노인지원센터
- 의료시설 확충 및 기기 개선

- 양구군
 - 노인건강 돌보미 서비스
 - 방문건강관리사업
 - 장애인 건강관리 지원
 - 폭염 대비 건강관리 대책
 - 농어촌 의료서비스 개선사업
 - 취약지역 생활여건 개선
 - 기후변화 적응형 활기찬 경로당 조성 지원

- 인제군
 - 방문건강관리사업
 - 보건기관 의료기반 확충
 - 홀로사는 노인 공동시설지원 사업
 - 이동보건소 운영

폭염 취약성 평가

- 제 1 절 취약성 평가 개념
- 제 2 절 폭염 취약성 평가 방법
- 제 3 절 강원지역 폭염 취약성 평가 결과

폭염 취약성 평가

◀◀ 제1절 취약성 평가 개념

1. 취약성 평가 정의

- 일반적으로 취약성(vulnerability)이란 “어떤 시스템 또는 외부의 변화에 의해 충격이 가해졌을 때 부정적인 영향(Adverse effect)을 받기 쉬운 정도”로 정의할 수 있음
- 취약성은 한 시스템이 기후의 변이와 극한 사상을 포함한 기후 변화의 악영향에 쉽게 영향을 받거나 대처하지 못하는 정도로서, 한 시스템이 노출되어 있는 기후 변이의 특성, 크기 속도, 그 시스템의 민감도와 적응 능력의 함수로서 기후변화의 예측되고 기대되는 영향에서 자생적 적응 부분을 제외한 영향이라고도 할 수 있음
- 기후변화 취약성 평가(Climate Change Vulnerability Assessment)는 기후변화로 인해 발생할 수 있는 잠재적 영향을 식별하고, 이를 통해 인간 및 자연 시스템의 취약성을 평가하는 과정을 의미함

- 이는 기후변화가 특정 지역과 사회·경제적, 환경/생태계에 미치는 영향을 이해하고 이를 기반으로 적응 전략을 마련하여 기후변화로부터 부정적 영향을 최소화하기 위한 수단으로 활용되고 있음
- 기후변화 취약성 평가 개념은 기관마다 다르게 정의되고 적용될 수 있으며, 공통적으로 기후변화에 대한 노출(Exposure), 민감도(Sensitivity), 적응 능력(Adaptive Capacity)을 통해 기후변화 취약성을 평가하고 있음
 - 노출: 특정 지역이나 시스템이 기후변화의 영향에 얼마나 노출되어 있는지를 평가하는 요소로 기후변화로 인한 기온 상승, 강수량, 해수면상승, 기상 재해 등 다양한 기후 요인을 포함
 - 민감도: 노출된 지역이나 시스템이 기후변화의 영향에 얼마나 민감하게 반응하는지를 평가하는 요소
 - 적응 능력: 기후변화의 영향에 대응하고 적응할 수 있는 능력을 평가하는 요소로 경제적 자원, 적응 기술, 인프라, 정책 등의 요인을 포함
- 기후변화 취약성 평가 과정은 일반적으로 데이터 수집 및 분석 단계, 취약성 지표 개발 및 선정 단계, 기후변화 취약성 평가, 평가 결과 기반의 적응 전략 단계로 구분할 수 있음
- 데이터 수집 및 분석: 기온, 강수량, 극한기후와 같은 기후노출 데이터와 사회·경제적 데이터를 수집하여 취약성 평가를 위한 기본 분석 수행
- 취약성 지표 개발: 기후노출, 민감도, 적응 능력을 측정할 수 있는 구체적인 지표 개발 및 선정

- 기후변화 취약성 평가: 기후변화 취약성 평가 데이터 수집 및 지표를 기반으로 분석
- 적응 전략: 지표 기반의 기후변화 취약성 평가 결과를 바탕으로 기후변화 적응 정책과 전략 수립

1) 국외 주요 기관별 기후변화 취약성 평가 개념

- 국외 주요 기관들은 기후변화 취약성 평가를 통해 특정 지역이나 시스템이 기후변화에 얼마나 영향을 받을 수 있는지 분석하고, 이를 기반으로 적응 전략을 수립하고 있음
- 대부분의 기관이 취약성을 노출(Exposure), 민감도(Sensitivity), 적응능력(Adaptive Capacity)으로 구분하여 평가를 수행하고 있음

<표 3-1> 주요 기관별 취약성 평가 정의

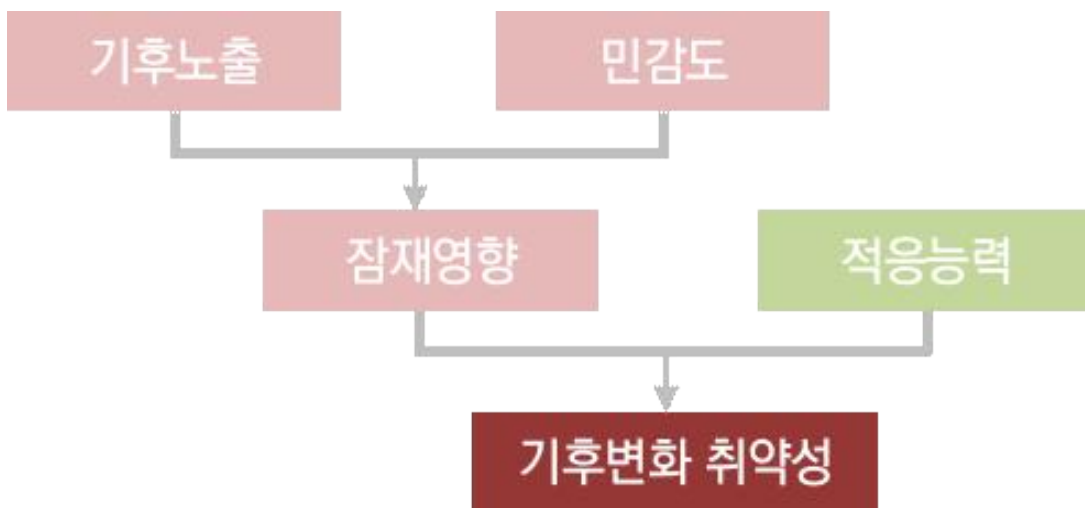
기관명	정의
IPCC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기후 다양성과 극한 기후 상황을 포함한 기후 변화의 역효과에 대한 한 시스템의 민감도, 또는 대처할 수 없는 정도
UNDP	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기후 변동이나 스트레스에 대한 노출과 이에 대한 대처, 회복, 적응능력에 따른 노출단위의 위험에 대한 민감도
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 일정 범위의 유해한 변동에 대한 환경적, 사회적, 경제적, 정치적 노출을 통합하는 인간의 복지수준을 총체적으로 측정하는 수단
UKCIP	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 특정 위험상황에서 야기되는 손해의 범위를 뜻함 ▪ IPCC의 정의를 바탕으로 하며, 취약성은 시스템의 민감도뿐 아니라 적응능력에 의해서도 결정됨
UNFCCC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사회, 인구, 생물종, 생태계, 지역, 농업시스템이나 그 외 다른 수량이 기후변화의 역효과에 민감한 정도, 또는 대처할 수 없는 정도

기관명	정의
UN/ISDR	<ul style="list-style-type: none"> 물리적, 사회적, 경제적, 환경적 요소나 과정에 의해 결정되는 조건으로 위험의 영향에 대한 지역사회의 민감성을 증가시킴
Australian Greenhouse Office	<ul style="list-style-type: none"> 자연계와 인간 사회가 기후변화, 다양성, 극한 기후상황의 부정적 영향에 대처할 수 없는 범위 시스템이나 사회의 민감도, 적응능력뿐만 아니라 기후변화에 의해서도 좌우됨

□ IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)

- IPCC에서 기후변화 취약성 평가 개념은 IPCC(1990) 제2차 보고서(Second Assessment Report, SAR)에서 본격적으로 도입되었으며, IPCC(2001) 제3차 보고서(Third Assessment Report, TAR)에서는 기후변화 취약성을 기후노출과 민감도를 포함하는 잠재영향 및 적응역량의 함수로 표현하였음
- 여기서, 노출이란 시스템에 충격을 가하는 자극이나 영향을 의미하며, 민감도는 기후영향에 시스템이 얼마나 민감하게 반응하는가를 의미함
- 기후변화 취약성은 기후변화에 따른 부정적 영향에서 적응을 뺀 나머지로써 취약성은 미래 배출 추세의 예측에서 시작된 기후 시나리오에 근거하여 생물·물리적 시스템이 반응하는 정도와 이에 따른 적응 옵션들을 밝혀내는 일련의 평가 결과를 의미함 (IPCC, 2001)
- 기후변화 취약성은 기후변화가 시스템에 노출되는 정도와 생물·물리적 시스템이 반응하는 정도 및 사회경제적 시스템이 이에 대응하는 적응능력을 모두 포괄하는 개념임

- IPCC는 다양한 데이터 수집 및 분석, 모델링 및 시나리오 분석, 지표기반 접근법, 참여적 접근법 등 다양한 방법론을 사용하여 기후변화 취약성을 평가하고 있음
- IPCC의 기후변화 취약성 평가는 농업, 수자원 관리, 건강, 인프라 등 다양한 부문에서 활용되고 있으며, 기후변화의 영향을 분석하고 이에 대한 적응 전략을 수립하는데 사용되고 있음



[그림 3.1] 기후변화 취약성의 개념적 틀(IPCC, 2001)

□ UNDP(United Nations Development Programme)

- UNDP는 기후영향에 대한 위해성(Hazard)과 시스템의 취약성(Vulnerability)을 조합하여 기후위해에 따른 위험(Risk)이라고 정의하고 있음(UNDP, 2005)
- UNDP는 기후변화 취약성을 기후변화에 대한 민감도와 적응능력의 함수

(취약성 (*Vulnerability*) = f [민감도 (*Sensitivity*), 적응능력 (*Adaptive Capacity*)]로 정의하고 있음

- 취약성을 적응 능력과 민감도에 관한 함수로 정의하면 기후변화의 영향이 높을 경우와 적응 능력이 낮을 경우 취약성이 높다는 것을 의미함
- 반면 기후변화의 영향이 높더라도 적응 능력이 높으면 기후변화에 따른 취약성이 낮은 것을 의미함
- 이런 의미에서 취약성은 갑작스러운 기후 변동에 의한 피해 자체를 확률로 예측하는 것이라기보다 피해에 대한 잠재적 노출 상태가 중요하다는 것을 의미함
- UNDP는 기후변화 취약성 평가를 통해 기후변화로 인한 리스크를 식별하고 이를 관리함
- 기후변화 취약성 평가를 통해 지역사회와 국가의 적응 능력을 강화하는 것을 목표로 하고 있으며, 지속 가능한 개발을 지원하는데 중점을 두고 있음
- UNDP는 기후변화 취약성 평가를 통해 지역 사회의 기후변화 적응 능력을 강화하기 위한 프로그램을 개발하고 기후변화에 대응하기 위한 정책과 제도를 개선하는데 중점을 두고 있음

□ UKCIP(UK Climate Impacts Programme)

- UKCIP의 기후변화 취약성 평가는 특정 위험 상황에서 야기되는 손해의 범위를 의미하며, IPCC의 기후변화 취약성 평가 정의를 바탕으로 취약성은 시스템의 민감도뿐만 아니라 적응 능력에 의해서 결정된다고 정의하고 있음

- UKCIP는 기후변화 취약성 평가를 통해 기후변화로 인한 위험을 이해하고, 지역 및 부문별로 적절한 적응 전략을 수립하기 위해 개발되었음
 - 이를 통해 지역사회가 기후변화에 효과적으로 대응할 수 있도록 지원하고, 농업, 수자원 관리, 건강, 산림/생태계 등 다양한 부문에서 기후변화 적응 전략을 수립할 수 있도록 지원하고 있음
- UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)
- UNFCCC의 기후변화 취약성 평가는 개념은 사회, 인구, 생물종, 생태계, 지역, 농업시스템이나 그 외 다른 수량이 기후변화에 역효과에 민감한 정도 또는 대처할 수 없는 정도라고 정의하고 있음
 - 이를 통해 기후변화의 영향을 이해하고 이를 관리하며, 기후변화에 대한 국가 및 지역 수준의 적응 능력을 강화하는 것을 목표로 하고 있음
 - UNFCCC는 주로 개발도상국과 취약지역을 대상으로 기후변화 적응 전략을 지원하고 있음
- UN/ISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction)
- UN/ISDR은 기후변화 취약성 평가를 물리적, 사회적, 경제적, 환경적 요소나 과정에 의해 결정되는 조건으로 위험의 영향에 대한 지역사회의 민감성을 증가시키는 것이라고 정의하였음
 - 이를 통해 다양한 국가와 지역에 기후변화 취약성 평가를 수행하며, 평가 결과를 바탕으로 기후변화 적응 프로젝트를 지원하

고 도시계획, 농업, 수자원 관리 등 다양한 분야에서 기후변화의 적응 전략을 수립하고 있음

2) 국내 주요 기관별 기후변화 취약성 평가 개념

- 국내 주요 기관별 기후변화 취약성 평가는 일반적으로 IPCC의 취약성 평가 개념을 기반으로 수행되고 있음
- 한국환경연구원은 건강, 국토연안, 산림/생태계, 물관리, 농수산, 적응산업 등 다양한 분야에 대하여 구체적인 지표 개발을 통해 기후노출, 민감도, 적응 능력을 평가하여 분야별 지역별 취약성을 평가하고 있음(한국환경연구원, 2008)
- 국립환경과학원도 IPCC의 취약성 평가 개념을 산림, 보건, 물관리, 농업, 생태계, 재해, 수산 부문에 대하여 취약성 평가 도구를 개발하여 기후변화 시나리오(RCP)를 통해 부문별 기후변화에 따른 취약성을 예측하고 절대적인 판단 기준의 제시와 대응변수를 선정하였음(국립환경과학원, 2012)
- 국토연구원의 도시 기후변화 재해 취약성 분석은 IPCC(2007) 기후변화 취약성 분석의 골격을 유지하면서 기후노출과 도시민 감도를 고려하여 지자체 내 최소 공간범위에 대한 상대평가를 통해 재해취약지역을 도출하고 있음(국토연구원, 2013)
- 기후변화 재해 취약성 분석 대상 재해는 폭우(홍수·산사태), 폭염, 폭설, 강풍, 가뭄, 해수면상승의 6개 재해로 구분하여 기후변화 취약성을 평가하고 있음

《제2절 폭염 취약성 평가 방법

1. 취약성 평가 정의

- 강원지역의 폭염 사업 입지선정을 위해 지표기반의 폭염 취약성 평가를 위해 폭염 관련 연구동향과 VESTAP에서 제공하는 폭염 관련 취약성 평가항목에 대한 지표 목록을 구축하였음
- 구축한 평가지표를 대상으로 전문가 설문을 통해 폭염과의 연관성을 검토하여 폭염 취약성 평가에 가장 적합한 지표들을 최종적으로 선정하였음
- 최종 선정된 평가 지표 자료는 국가기관 및 강원특별자치도 통계연보를 통해 수집하였으며, 기후변화를 고려하기 위해 SSP 시나리오를 활용하여 기후노출 지표 데이터를 구축
- 폭염 취약성 평가 지표의 가중치는 전문가 상으로 AHP 설문조사를 통해 산정하였으며, 가중치를 반영하여 강원특별자치도의 폭염 취약성 종합지수를 도출하였음
- 마지막으로 지역별 폭염 취약 정도를 파악하기 위하여 취약성 종합지수를 표준화하여 1~4등급으로 구분하였음

<표 3-2> 취약 등급 분류

등급	표준화 점수	취약 정도
1등급	0.2미만	매우 낮음
2등급	0.2이상~0.4미만	낮음
3등급	0.4이상~0.6미만	보통
4등급	0.6이상~0.8미만	높음
5등급	0.8이상	매우 높음

2. 폭염 취약성 평가 지표 목록 구축

- 폭염 취약성 평가 관련 문헌조사 및 VESTAP에서 제공하고 평가 항목의 지표들을 검토하여 지표 목록을 구축하였음

2.1 지표 목록 검토

- 폭염에 의한 건강 취약성 평가 지표는 7개의 기후노출 지표, 6개의 민감도 지표, 6개의 적응능력 지표로 구성되어 있음

<표 3-3> 폭염에 의한 건강 취약성 평가 지표

부문	지표명	구축형태
기후 노출	열파 지속지수(HWDI)(지수)	읍면동 통계 원시자료
	일 최고기온의 연간 평균값(°C)	기상/기후 원시자료
	일 최고기온이 33°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	일 최저기온이 25°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	체감온도(°C)	읍면동 통계 원시자료
	1일 상대습도(%)	읍면동 통계 원시자료
	불쾌지수(온습도지수)(지수)	읍면동 통계 원시자료
민감도	14세 이하 인구 수(명)	읍면동 통계 원시자료
	65세 이상 인구 수(명)	읍면동 통계 원시자료
	기초생활수급자 인구 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	독거노인(65세 이상) 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	심혈관질환 사망자 수(명)	시군구 통계 가공자료
	열사병/일사병으로 인한 사망자 수(명)	시도 통계 원시자료
적응 능력	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	시군구 통계 원시자료
	건강보험 적용 인구 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	인구당 보건소 인력(명/만명)	시군구 통계 가공자료
	인구당 응급의료 기관 수(개소/십만명)	시군구 통계 가공자료
	재정자립도(%)	시군구 통계 원시자료
	지역 내 총생산(GRDP)(백만원)	시군구 통계 원시자료

- 폭염에 대한 기반시설 취약성 평가 지표는 2개의 기후노출 지표, 1개의 민감도 지표, 3개의 적응능력 지표로 구성되어 있음

<표 3-4> 폭염에 대한 기반시설 취약성 평가 지표

부문	지표명	구축형태
기후 노출	일 최고기온이 33°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	일 최저기온이 25°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
민감도	도로 면적(m ²)	시군구 통계 원시자료
적응 능력	1인당 녹지 면적(m ²)	시군구 통계 원시자료
	1만명당 공무원 수(명/만명)	읍면동 통계 가공자료
	1인당 지역내 총 생산(GRDP)(백만원)	시도 통계 원시자료

- 폭염에 의한 온열질환 취약성 평가 지표는 1개의 기후노출 지표, 1개의 민감도 지표, 4개의 적응능력 지표로 구성되어 있음

<표 3-5> 폭염에 의한 온열질환 취약성 평가 지표

부문	지표명	구축형태
기후 노출	열지수32이상인 날 수(회)	읍면동 통계 원시자료
민감도	총 인구(명)	읍면동 통계 원시자료
적응 능력	인구당 응급의료 기관 수(개소/십만명)	시군구 통계 가공자료
	지역 내 총생산(GRDP)(백만원)	시군구 통계 원시자료
	인구당 소방서 인력(명/천명)	시군구 통계 가공자료
	인구당 의료기관 수(개/천명)	시군구 통계 가공자료

- 폭염에 의한 정신질환 취약성 평가 지표는 7개의 기후노출 지표, 5개의 민감도 지표, 4개의 적응능력 지표로 구성되어 있음

<표 3-6> 폭염에 의한 정신질환 취약성 평가 지표

부문	지표명	구축형태
기후 노출	열파 지속지수(HWDI)(지수)	읍면동 통계 원시자료
	일 최고기온의 연간 평균값(°C)	기상/기후 원시자료
	일 최고기온이 33°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	일 최저기온이 25°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	체감온도(°C)	읍면동 통계 원시자료
	1일 상대습도(%)	읍면동 통계 원시자료
	불쾌지수(온습도지수)(지수)	읍면동 통계 원시자료
민감도	기초생활수급자 인구 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	독거노인(65세 이상) 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	65세 이상 인구 비율(%)	읍면동 통계 가공자료
	인구 대비 정신질환으로 인한 외래진료건수(명)	시군구 통계 원시자료
	인구대비 자살 사망자 수(명)	시군구 통계 가공자료
적응 능력	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(백만원)	시군구 통계 원시자료
	인구당 보건소 인력(명/만명)	시군구 통계 가공자료
	재정자립도(%)	시군구 통계 원시자료
	1인당 지역내 총 생산(GRDP)(백만원)	시도 통계 원시자료

- 폭염에 의한 주거지역 취약성 평가 지표는 7개의 기후노출 지표, 4개의 민감도 지표, 7개의 적응능력 지표로 구성되어 있음

<표 23-7> 폭염에 의한 주거지역 취약성 평가 지표

부문	지표명	구축형태
기후 노출	열파 지속지수(HWDI)(지수)	읍면동 통계 원시자료
	일 최고기온의 연간 평균값(°C)	기상/기후 원시자료
	일 최고기온이 33°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	일 최저기온이 25°C이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	체감온도(°C)	읍면동 통계 원시자료
	1일 상대습도(%)	읍면동 통계 원시자료
	불쾌지수(온습도지수)(지수)	읍면동 통계 원시자료
민감도	기초생활수급자 인구 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	독거노인(65세 이상) 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	노후 건축물 비율(%)	복합/기타 자료
	불투수율(%)	시군구 통계 가공자료
적응 능력	인구당 보건소 인력(명/만명)	시군구 통계 가공자료
	인구당 응급의료 기관 수(개소/십만명)	시군구 통계 가공자료
	재정자립도(%)	시군구 통계 원시자료
	1인당 녹지 면적(m ²)	시군구 통계 원시자료
	1인당 지역내 총 생산(GRDP)(백만원)	시도 통계 원시자료
	인구당 소방서 인력(명/천명)	시군구 통계 가공자료
	무더위 쉼터(개소)	시군구 통계 원시자료

- 폭염 및 한파에 의한 냉난방 관리비용 취약성 평가 지표는 2개의 기후노출 지표, 3개의 민감도 지표, 4개의 적응능력 지표로 구성되어 있음

<표 3-8> 폭염 및 한파에 의한 냉난방 관리 비용 취약성 평가 지표

부문	지표명	구축형태
기후 노출	일 최고기온이 33℃이상인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
	일 최저기온이 0℃미만인 날의 횟수(회)	기상/기후 원시자료
민감도	기초생활수급자 인구 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	독거노인(65세 이상) 비율(%)	시군구 통계 가공자료
	노후 건축물 비율(%)	복합/기타 자료
적응 능력	재정자립도(%)	시군구 통계 원시자료
	1인당 녹지 면적(m ²)	시군구 통계 원시자료
	1인당 지역내 총 생산(GRDP)(백만원)	시도 통계 원시자료
	무더위 쉼터(개소)	시군구 통계 원시자료

2.3 지표 목록 구축

- 기존 폭염 관련 취약성 평가 연구와 VESTAP에서 활용하고 있는 평가 지표들에 대해서 중복된 지표를 제외하고 목록을 구축하였음

<표 3-9> 폭염 취약성 평가 지표 목록 구축

부문	평가지표
기후노출	체감온도
	일 최저기온이 25℃이상인 날의 횟수
	일 최고기온이 33℃이상인 날의 횟수
	일 최고기온의 연간 평균값
	일 최고 체감온도 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속 횟수
	유효적산온도(5℃기준)
	열파 지속지수(HWDI)
	열 지수 32이상인 날 수
	연간 12개월 SPI -1 이하인 월 수
	불쾌지수(온습도지수)
	1일 상대습도
민감도	총 인구
	장애인 비율
	자살사망자(고의적 자해(자살)) 비율
	인구밀도
	인구대비 자살 사망자 수
	인구대비 열사병/일사병으로 인한 사망자 비율
	인구 대비 정신질환으로 인한 외래진료건수
	열사병/일사병으로 인한 사망자 수
	야외노동자 인구 비율
	심혈관질환 사망자 수
	심혈관계질환 인구비율
	실업률
	시가화건조 지역 면적 비율
	시가화건조 지역 대비 하천 및 습지 면적 비율
	시가화·건조 지역 면적 대비 녹지 면적 비율
	불투수율
	독거노인(65세 이상) 비율
	도로 면적
	노후 건축물 비율
	기초생활수급자 인구 비율
	65세 이상 인구당 무더위 쉼터 설치 수
	65세 이상 인구 취업률

부분	평가지표
	65세 이상 인구 수
	65세 이상 인구 비율
	5세 미만 인구 비율
	14세 이하 인구 수
적응능력	재정자립도
	인구당 의료기관 수
	인구당 응급의료 기관 수
	인구당 소방서 인력
	인구당 보건소 인력
	무더위 쉼터
	공무원 수
	건강보험 적용 인구 비율
	건강보험 적용 인구
	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업
	1인당 지역내 총 생산(GRDP)
	1인당 녹지 면적

2.4 폭염 취약성 평가 지표 선정

- 폭염 취약성 평가 지표 목록을 대상으로 전문가 설문조사를 통해 폭염과 연관성이 떨어지는 지표는 제외하여 최종적으로 폭염 취약성 평가에 적합한 평가 지표를 선정하였음
- 최종 선정된 폭염 취약성 평가 지표는 기후노출 부문에 기상학적 폭염 현상, 민감도 부문에 폭염에 의한 주거지역 및 기반시설 측면, 폭염에 의한 영향 및 위험 측면, 폭염에 의한 취약계층 측면, 적응능력 부문에 경제적 측면, 인적자원 측면, 인프라 측면으로 구분하였음

<표 3-10> 광주광역시 폭염 취약성 평가 지표

평가항목	세부평가항목	평가지표
기후노출	기상학적 폭염 현상	연간 일 최고 체감온도
		연간 폭염주의보 일수
		연간 열대야 발생 일수
민감도	폭염에 의한 주거지역 및 기반시설 측면	도로 면적
		노후 건축물 비율
		불투수율
		시가화건조 지역 면적 비율
	폭염에 의한 영향 및 위험 측면	심혈관계질환 인구비율
		인구대비 온열질환 발생자 비율
		인구 대비 정신질환으로 인한 외래진료건수
		인구대비 열사병/일사병으로 인한 사망자 비율
	폭염에 의한 취약계층 측면 (생리학적 및 사회·경제적 포함)	인구밀도
		5세 미만 인구 비율
		65세 이상 인구 비율
		기초생활수급자 인구 비율
		독거노인(65세 이상) 비율
		장애인 비율
		야외노동자 인구 비율
적응능력	경제적 측면	1인당 지역내 총 생산(GRDP)
		GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업
		건강보험 적용 인구 비율
	인적자원 측면	인구당 보건소 인력
		인구당 소방서 인력
		인구당 의료기관 수
	인프라 측면	1인당 녹지 면적
		주거지역 내 하천 및 수계 면적비율
		무더위 쉼터

2.5 폭염 취약성 평가 지표 데이터 수집 및 표준화

- 기후변화를 고려한 폭염 취약성 평가를 위해 기후노출 부문에 연간 일 최고 체감온도, 연간 폭염주의보 일수, 연간 열대야 발생 일수에 대해서 SSP시나리오를 활용하여 자료를 구축하였음 (부록 1 참고)
- 민감도 부문과 적응능력 부문의 경우 광주광역시와 동구, 서구, 남부, 북구, 광산구의 통계자료를 활용하여 평가 지표 데이터를 구축하였음(부록 1 참고)

<표 3-11> 폭염 취약성 평가 지표 데이터 수집 정보

평가 항목	평가지표	단위	자료 수집 정보
기후 노출	연간 일 최고 체감온도	°C	SSP 시나리오/ 자체분석
	연간 폭염주의보 일수	일	
	연간 열대야 발생 일수	일	
민감도	도로 면적	m ²	광역 및 기초
	노후 건축물 비율	%	국가공간정보포털
	불투수율	%	광역 및 기초
	시가화건조 지역 면적 비율	%	광역 및 기초
	심혈관계질환 인구비율	%	통계청
	인구대비 온열질환 발생자 비율	%	질병관리청
	인구 대비 정신질환으로 인한 외래진료건수	건	건강보험공단
	인구대비 열사병/일사병으로 인한 사망자 비율	%	질병관리청
	인구밀도	명/km	국가공간정보포털
	5세 미만 인구 비율	%	국가공간정보포털
	65세 이상 인구 비율	%	국가공간정보포털
	기초생활수급자 인구 비율	%	국가공간정보포털
	독거노인(65세 이상) 비율	%	국가공간정보포털
	장애인 비율	%	국가공간정보포털
야외노동자 인구 비율	%	통계청	

평가 항목	평가지표	단위	자료 수집 정보
적응 능력	1인당 지역내 총 생산(GRDP)	백만원	광역 및 기초
	GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업	백만원	광역 및 기초
	건강보험 적용 인구 비율	%	건강보험공단
	인구당 보건소 인력	명	광역 및 기초
	인구당 소방서 인력	명	광역 및 기초
	인구당 의료기관 수	개/백만명	광역 및 기초
	1인당 녹지 면적	m ²	광역 및 기초
	주거지역 내 하천 및 수계 면적비율	%	광역 및 기초
	무더위 쉼터	개소	광역 및 기초

2.6 지표 데이터 표준화

- 구축한 취약성 평가 지표의 자료들의 세대수, 명, %, ha 등 여러 종류의 단위를 가지고 있음
- 이처럼 지표를 이용하여 지수를 계산할 평가지표들의 데이터들의 단위(unit)와 스케일(scale)이 상이하기 때문에 직접적인 연산이 불가능함
- 따라서 반드시 지표들의 표준화가 이루어 져야 한다. 표준화는 평가지표 자료들을 무차원 단위의 값으로 전환함으로써 크기와 단위의 차이로 발생할 수 있는 편차 및 왜곡 문제를 해결할 수 있음
- 최근 다양한 방법으로 지표를 표준화하고 있으며, 대표적인 지표 표준화 방법 중 가장 쉬운 방법은 순위 정렬(ranking) 방법으로 단순 나열하는 방식이임
- 이 방법은 이상치나, 자료의 분포 특성 등을 전혀 고려하지 않기 때문에 일반적인 통계분석에서는 잘 이용되지 않음

- 두 번째는 스케일 재조정(re-scaling) 방법이 있으며, 이는 지표의 최대값과 최소값을 이용하는 방법으로 어떤 변수에서 한 값인 X 가 있을 때 X 에서 변수의 최소값을 빼고 이를 다시 변수내의 최대값에서 최소값을 뺀 값으로 나누어 산정하는 방법임
- 세 번째는 Z-Score 방법으로 표준점수의 하나로서 평균으로부터의 편차점수를 그 분포의 표준편차로 나누어 얻어진 전환점수의 하나임
- 이는 편차점수를 그 집단의 표준편차로 나누어 줌으로써 Z-Score는 평균이 0, 표준편차 1인 분포로 전환됨
- 원점수를 X , 평균과 표준편차를 각각 \bar{X} , S 라고 하면 Z-Score를 계산할 수 있으며, Z-score 방법은 자료의 극값을 잘 반영할 수 있다는 장점이 있음
- Categorical scale 방법은 자료의 범주를 분위수를 통해 먼저 결정하고, 각 범주를 점수화하여 모든 자료들이 해당하는 점수를 갖도록 할당하는 방법임
- 범주 스케일방법은 극치값이 자료에 포함된 경우 분위수로 범주를 구분하기 때문에 왜곡을 발생시키지 않을 수 있는 방법임
- 하지만 범주를 정한 사이의 값들은 동일한 점수를 받게 되어 자료의 세밀한 특성은 반영하기 어렵다는 단점이 있음
- 본 원고에서는 가시적으로 이해하기 용이한 Re-Scaling 방법을 이용하여 0~1사이의 값으로 평가 지표 자료를 표준화하였음

<표 3-12> 지표의 표준화 방법

표준화 방법	표준화 공식
1. Ranking	$I_{qc}^t = Rank(x_{qc}^t)$
2. Z-Score	$I_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - x_{qc}^t = \bar{c}}{\sigma_{qc}^t = \bar{c}}$
3. Re-Scaling	$S = \frac{x_{qc}^t - \min_c(x_q^{t0})}{\max_c(x_q^{t0}) - \min_c(x_q^{t0})}$
4. Categorical Scales	$i f x_{qc}^t \in the upper 5 - th percentile then y_{qc}^t = 100$ $i f x_{qc}^t \in the upper 15 - th percentile then y_{qc}^t = 80$ $i f x_{qc}^t \in the upper 35 - th percentile then y_{qc}^t = 60$...

2.7 폭염 취약성 평가 지표 가중치 산정

- 지표기반의 기후변화 취약성 평가시 다양한 평가 지표들을 통해 분석을 수행해야함
- 평가지표들은 분석목적에 따라 영향을 미치는 중요도가 다른데, 이러한 중요도를 파악하여 지수로 산정하는 과정 내에서 가중치로써 부여되어야 함
- 이처럼 가중치는 조사 목적, 항목의 중요도, 구성체계 등에 따라 적절한 가중치 결정 기법을 활용해야 함
- 광주광역시외의 폭염 취약성 평가 지표 가중치를 보다 합리적으로 산정하기 위하여 폭염관련 전문가(10명)와 광주광역시 공무원(9명)을 대상으로 계층화 분석(AHP) 설문지(부록 2 참고)을 통해 가중치를 산정하였음
- 부문별 가중치를 산정한 결과 기후노출 0.265, 민감도 0.318, 적

응능력 0.417로 적응능력 부문의 가중치가 가장 높게 나타남

- 기후노출 부문에 대한 세부평가 항목의 가중치를 산정한 결과 기상학적 폭염 현상은 1.0으로 산정되었음
- 민감도 부문에 대한 세부평가항목의 가중치를 산정한 결과 “폭염에 의한 취약계층 측면”이 0.477로 가장 크게 산정되었음
- 적응능력 부문에 대한 세부평가항목의 가중치를 산정한 결과 “경제적 측면”이 0.469로 가장 크게 산정되었음
- 기후노출 부문에 기상학적 폭염 현상의 평가지표 가중치 산정 결과 연간 폭염주의보 일수가 0.379로 가장 크게 산정되었으며, 연간 열대야 발생 일수(0.359), 연간 일 최고 체감온도(0.262) 순으로 크게 산정되었음

민감도 부문에 폭염에 의한 주거지역 및 기반시설 측면의 평가지표 가중치 산정 결과 노후 건축물 비율이 0.314로 가장 크게 산정되었으며, 시가화건조 지역 면적 비율(0.278), 불투수율(0.244), 도로면적(0.164) 순으로 크게 산정되었음

- 폭염에 의한 영향 및 위험 측면의 평가지표 가중치 산정 결과 인구대비 열사병/일사병으로 인한 사망자 비율이 0.383으로 가장 크게 산정되었으며, 인구대비 온열질환 발생자 비율(0.314), 심혈관계질환 인구비율(0.193), 인구 대비 정신질환으로 인한 외래 진료건수(0.11) 순으로 크게 산정되었음
- 폭염에 의한 취약계층 측면의 평가지표 가중치 산정결과 야외노동자 인구 비율이 0.233으로 가장 크게 산정되었으며, 독거노인 비율(0.188), 65세 이상 인구 비율(0.128) 순으로 크게 산정되었음

- 적응능력 부문에 경제적 측면의 평가지표 가중치 산정 결과 1인당 지역 내 총 생산이 0.383으로 가장 크게 산정되었으며, GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업(0.348), 건강보험 적용 인구 비율(0.269) 순으로 크게 산정되었음
- 인적자원 측면의 평가지표 가중치 산정결과 인구당 보건소 인력이 0.628로 인구당 소방서 인력 지표보다 가중치가 크게 산정되었음
- 인프라 측면의 평가지표 산정결과 무더위 쉼터가 0.276으로 가장 크게 산정되었으며, 인구당 의료기관 수(0.255), 1인당 녹지면적(0.242), 주거지역 내 하천 및 수계 면적비율(0.227) 순으로 크게 산정 되었음

<표 3-13> 가중치 산정 결과

평가 항목	가중치	세부평가 항목	가중치	평가지표	가중치
기후 노출	0.265	기상학적 폭염 현상	1.0	연간 일 최고 체감온도	0.262
				연간 폭염주의보 일수	0.379
				연간 열대야 발생 일수	0.359

평가 항목	가중치	세부평가 항목	가중치	평가지표	가중치	
민감도	0.318	폭염에 의한 주거지역 및 기반시설 측면	0.261	도로 면적	0.164	
				노후 건축물 비율	0.314	
				불투수율	0.244	
				시가화건조 지역 면적 비율	0.278	
		폭염에 의한 영향 및 위험 측면	0.262		심혈관계질환 인구비율	0.193
					인구대비 온열질환 발생자 비율	0.314
					인구 대비 정신질환으로 인한 외래진료건수	0.11
					인구대비 열사병/일사병으로 인한 사망자 비율	0.383
		폭염에 의한 취약계층 측면 (생리학적 및 사회·경제적 포함)	0.477		인구밀도	0.099
					5세 미만 인구 비율	0.095
					65세 이상 인구 비율	0.128
					기초생활수급자 인구 비율	0.13
					독거노인(65세 이상) 비율	0.188
장애인 비율	0.127					
야외노동자 인구 비율	0.233					

평가 항목	가중치	세부평가 항목	가중치	평가지표	가중치
적응 능력	0.417	경제적 측면	0.469	1인당 지역내 총 생산(GRDP)	0.383
				GRDP 보건업 및 사회복지 서비스업	0.348
				건강보험 적용 인구 비율	0.269
		인적자원 측면	0.234	인구당 보건소 인력	0.628
				인구당 소방서 인력	0.372
		인프라 측면	0.297	인구당 의료기관 수	0.255
				1인당 녹지 면적	0.242
				주거지역 내 하천 및 수계 면적비율	0.227
				무더위 쉼터	0.276

《제3절 취약성 평가 결과》

1. 폭염 취약성 종합지수 산정 결과

- 폭염 취약성 종합지수 산정 결과 RCP 8.5 시나리오를 적용한 2020년대는 강릉시(0.28)가 가장 높았으며, 삼척시(0.26), 속초시(0.26) 순으로 높게 나타남
- 2040년대의 경우 원주시(0.24)가 가장 높았으며, 양구군(0.19), 횡성군(0.18) 순으로 높게 나타남

<표 3-14> 강원지역 폭염 취약성 평가 결과

행정 구역	취약성 평가 대응변수 별 결과 값							
	RCP 8.5 시나리오 적용 2020년대 값				RCP 8.5 시나리오 적용 2040년대 값			
	기후 노출	기후변화 민감도	적응 능력	취약성 종합 지수	기후 노출	기후변화 민감도	적응 능력	취약성 종합 지수
춘천시	0.3	0.08	0.26	0.12	0.3	0.08	0.26	0.12
원주시	0.32	0.03	0.11	0.24	0.32	0.03	0.11	0.24
강릉시	0.24	0.12	0.08	0.28	0.07	0.12	0.08	0.11
동해시	0.18	0.08	0.13	0.13	0.05	0.08	0.13	0
태백시	0.09	0.16	0.18	0.07	0.06	0.16	0.18	0.04
속초시	0.19	0.15	0.08	0.26	0.06	0.15	0.08	0.13
삼척시	0.24	0.14	0.12	0.26	0.1	0.14	0.12	0.12
홍천군	0.19	0.08	0.15	0.12	0.21	0.08	0.15	0.14
횡성군	0.14	0.07	0.07	0.14	0.18	0.07	0.07	0.18
영월군	0.14	0.12	0.14	0.12	0.15	0.12	0.14	0.13
평창군	0.09	0.1	0.07	0.12	0.1	0.1	0.07	0.13
정선군	0.1	0.11	0.19	0.02	0.09	0.11	0.19	0.01

행정 구역	취약성 평가 대응변수 별 결과 값							
	RCP 8.5 시나리오 적용 2020년대 값				RCP 8.5 시나리오 적용 2040년대 값			
	기후 노출	기후변화 민감도	적응 능력	취약성 종합 지수	기후 노출	기후변화 민감도	적응 능력	취약성 종합 지수
철원군	0.16	0.08	0.06	0.18	0.16	0.08	0.06	0.18
화천군	0.15	0.09	0.08	0.16	0.16	0.09	0.08	0.17
양구군	0.13	0.1	0.04	0.19	0.13	0.1	0.04	0.19
인제군	0.11	0.07	0.03	0.15	0.1	0.07	0.03	0.14
고성군	0.16	0.17	0.06	0.27	0.06	0.17	0.06	0.17
양양군	0.19	0.15	0.09	0.25	0.07	0.15	0.09	0.13

2. 폭염 취약 등급 산정 결과

- 강원지역의 폭염 취약성 등급을 산정한 결과 2020년대에는 원주시, 강릉시, 속초시, 삼척시가 “매우 높음” 등급으로 선정되었음
- 2040년대는 원주시가 “매우 높음” 등급으로 선정되었음

<표 3-15> 강원지역 폭염 취약 등급

행정구역	RCP 8.5 시나리오 적용 2020년대 값		RCP 8.5 시나리오 적용 2040년대 값	
	취약성 종합 지수 표준화	취약등급	취약성 종합 지수 표준화	취약등급
춘천시	0.4	보통	0.4	보통
원주시	0.8	매우높음	0.8	매우높음
강릉시	1	매우높음	0.3	보통
동해시	0.4	매우낮음	-0.1	매우낮음
태백시	0.2	매우낮음	0.1	매우낮음
속초시	0.9	매우높음	0.4	보통
삼척시	0.9	매우높음	0.4	보통

행정구역	RCP 8.5 시나리오 적용 2020년대 값		RCP 8.5 시나리오 적용 2040년대 값	
	취약성 종합 지수 표준화	취약등급	취약성 종합 지수 표준화	취약등급
홍천군	0.4	보통	0.5	보통
횡성군	0.5	보통	0.6	높음
영월군	0.4	보통	0.4	보통
평창군	0.4	보통	0.4	보통
정선군	-	매우낮음	0	매우낮음
철원군	0.6	높음	0.6	높음
화천군	0.5	보통	0.6	높음
양구군	0.7	높음	0.7	높음
인제군	0.5	보통	0.5	보통
고성군	1	매우높음	0.6	높음
양양군	0.9	매우높음	0.4	보통

결론

제 1 절 강원도 폭염사업 우선순위 지역

제 2 절 폭염 피해 최소화를 위한 사업 제언

결론

《제1절 강원도 폭염 사업 우선순위 지역

- 본 연구에서는 강원지역 폭염 사업 입지 선정을 위해 강원도 18개 시·군을 대상으로 기후변화 폭염 취약성을 평가하였음
- 강원도 18개 시·군에 대하여 지표기반의 취약성 평가 방법을 통해 RCP 8.5 시나리오를 반영하여 기후변화 폭염 취약성을 평가한 결과 2020년대에는 원주시, 강릉시, 속초시가 폭염 사업 우선순위 지역으로 선정 되었음
- 2040년대의 경우 원주시가 폭염사업 우선순위 지역으로 선정되었음

《제2절 폭염 피해 최소화를 위한 사업 제언

- 폭염 피해를 최소화하기 위해서는 지자체 지역 특성에 따라 발생할 수 있는 다양한 문제를 해결해야하고 이를 효과적으로 대응하기 위해 체계적으로 사업을 추진해야함

1) 폭염 쉼터 확대 및 관리

- 기존 공공시설 외에도 대형 마트, 카페 등 민간 시설과 협력해 쉼터로 활용하고, 버스터미널 등 교통 거점에 폭염 쉼터 공간 조성을 통해 폭염 쉼터 위치를 확대할 필요가 있음
- 또한, 기존 폭염 쉼터를 효과적으로 운영 및 관리 하기 위해 냉방기기 유지 보수, 적정 실내 온도 유지, 취약계층 전용 쉼터 구역 마련, 쉼터 운영 시간 연장 등이 필요함

2) 취약계층 관리 강화

- 취약계층의 경우 기후변화로 인한 폭염에 노출되어 있기 때문에 저소득층에 이동식 에어컨, 선풍기 등 냉방용품 지원, 기존 냉방기기 점검 및 수리 지원 필요
- 저소득층을 위해 전기요금 할인, 에너지 바우처 지급, 공공요금 감면 혜택과 연계한 폭염 대비 강화
- 독거노인이나 장애인을 대상으로 폭염 기간 찾아가는 복지서비스를 위한 방문 건강 서비스, 응급 상황 발생 시 신속 대응을 위한 연락 체계 구축 등 필요

3) 시민 교육 및 폭염 대비 캠페인

- 초등학교, 중학교 등 폭염 대비 안전 교육 실시, 주민 대상 무료 폭염 강연 등 교육 프로그램
- 지역 방송, 전광판, 공공장소 포스터 등을 통해 폭염 경고 및 예방 방법 홍보

4) 도시 환경 개선

- 아파트 단지과 상업 지역 주변 나무 심기, 옥상 녹화 프로젝트 시행 등 도시 녹지 조성
- 차열 페인트를 활용한 도로 및 벽면 코팅, 열을 반사하는 소재를 사용하여 건물 리모델링 지원 등 차열 기술 도입
- 도심 광장 및 공원에 물안개 분사기 설치, 주요 보행로에 스마트 그늘막 및 냉각 벤치 설치 등 공공 공간 폭염 피해 시설 개선

참고문헌

참고문헌

- 강원도(2019), 강원도 온실가스 감축로드맵
- 강원도(2020), 강원도 탄소중립 추진전략
- 강원지방기상청(2018), 강원도 기후특성 및 이상기후 발생현황 조사 분석
- 강원도(2017), 강원도 제2차 기후변화적응대책 세부시행계획 수립
- 강원도, 제2차 강원도 기후변화적응대책 세부시행계획 자체평가 결과보고서
- 강원도, 2020 강원 통계정보
- 국립환경과학원(2020), 우리나라 기후변화 경제학적 분석
- 행정안전부(2020), 재해연보
- 한국기후변화연구원(2020), 제3차 강원도 기후변화적응대책 수립을 위한 기본방향 연구
- 한국기후변화연구원(2021), 기후변화대응복합센터 건립 타당성 조사
- 환경부(2021), 제3차 국가기후변화 적응대책

- 환경부(2021), 2050년 탄소중립 실현을 위한 2021년 환경부 탄소중립 이행계획 발표
- 강원기후변화교육센터 : <http://co2edu.com>
- 기후정보포털 : <http://climate.go.kr>
- 기상자료개방포털 : <http://data.kma.go.kr>
- 국가수자원관리종합정보시스템 : <https://wamis.go.kr>
- 국립환경과학원 : <https://nier.go.kr>
- 온실가스종합정보센터 : <https://gir.go.kr>
- 빅카인즈 : <https://bigkinds.or.kr>

연구책임 | 한대건 한국기후변화연구원 부연구위원

KRIC

정책연구 2024-009
강원지역 폭염 사업 최적입지 선정에 관한 연구

- * 인 쇄 _ 2024년 12월
- * 발 행 _ 2024년 12월
- * 발 행 인 _ 김동일
- * 발 행 처 _ 한국기후변화연구원
- * 주 소 _ (24239) 강원도 춘천시 수변공원길
11
- * 홈페이지 _ www.kric.re.kr