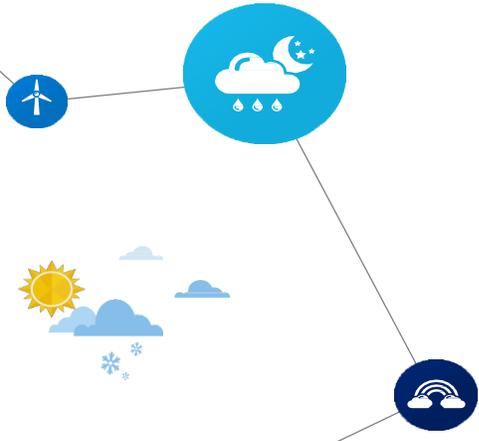


신(新) 기후평년값으로 보는

광주광역시 기후변화

2021.5.11.(화)



광주지방기상청
김연희 사무관

CONTENTS



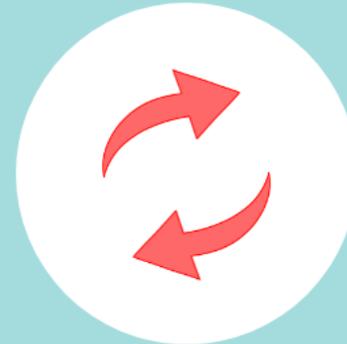
CHAPTER 1

광주지방기상청
소개



CHAPTER 2

달라진
기후평년값



CHAPTER 3

신 평년값으로
바라본 광주의
기후변화



CHAPTER 4

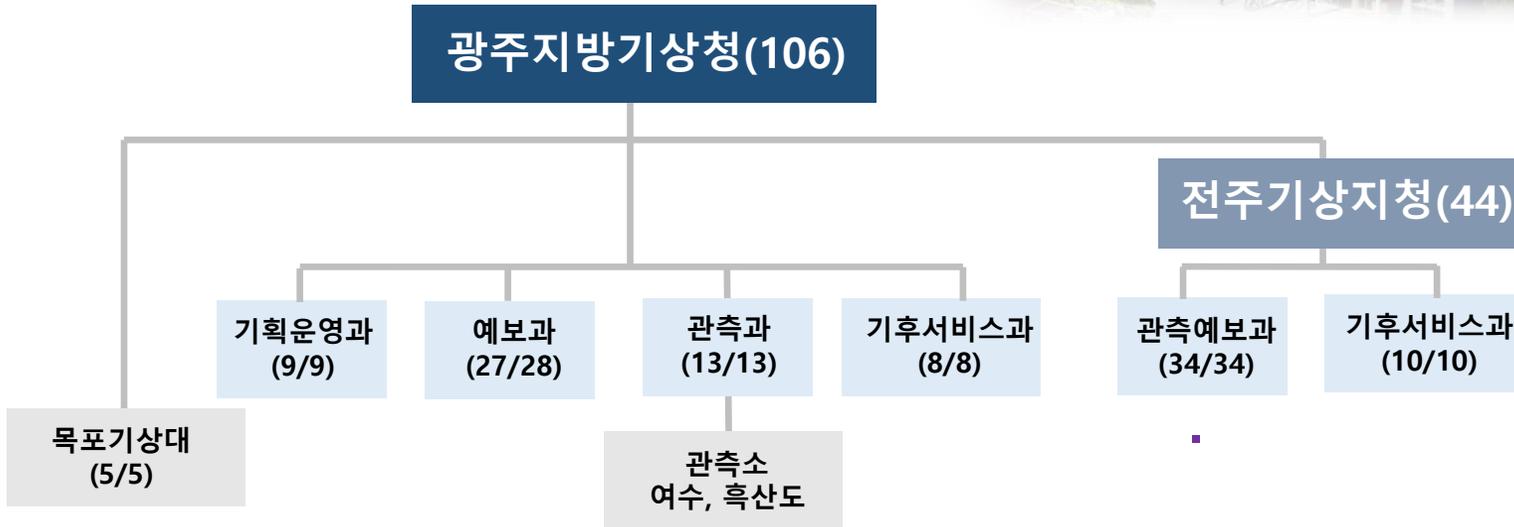
광주의
미래 기후



01

광주지방기상청 소개

01 광주지방기상청 소개



관측

예보

기후

- ▶ 관측 장비 현황: 지상, 고층, 해양 등 284개
- ▶ 하늘과 땅, 바다에서
대기와 해양의 상태를 입체적으로 감시

- ▶ 육상구역 25개, 해상 7개 구역, 동네예보 30개소
- ▶ 관측자료의 정확성, 수치예보기술, 예보관 역량의 결정체로 초단기예보에서 기후전망까지 틈새없는 기상예보

- ▶ 기후변화 감시와 기후, 응용정보 생산
- ▶ 기후변화 정책 수립과 산업활동 지원



02

달라진 기후평년값

02 기후평년값



기후평년값의 역할

현재 기후를 진단하고
미래 기후를 예측하기
위한 객관적인 기준

기후평년값의 정의

'0'으로 끝나는 해의
최근 30년간의 누년평균값

※ 세계기상기구(WMO) 권고에 따라 10년마다 산출,
우리나라는 1977년 이래 6번째 산출

주요 활용 분야



행정안전부

- 강우분석, 홍수 유출 해석
- 상습가뭄재해지구 지정 및 도시재해 취약성 분석

환경부

- 기후변화 적응정책 수립

국토교통부

- 기후요건에 따른 콘크리트 양생
- 평균기온 및 극값에 따른 콘크리트 타설

농촌진흥청

- 기후변화 실태조사
- 품종별 출수한계기 설정

지자체

- 지역별 기후변화 적응정책 수립
- 기후변화 취약성 평가

건설·에너지 관련기관

- 적정 공사기간 산정 및 안전관리
- 기반시설 설계 및 시공
- 에너지 규제 및 사용량 예측

02 달라진 서비스

구평년값(1981-2010)

전국 73개 지점
(광주·전남 9개 지점)

83개 기본 통계 요소

텍스트, 표 중심의 단순 형태

신평년값(1991-2020)

X3배
지점확대

사·군 단위별 219개 지점 (광주·전남 28개 지점)

※ 지자체별 기후변화 적응 정책 지원과 국민 체감 기후서비스 제공

+9개
요소추가

강우량 백분위, 일교차 등 92개 + α

※ 방재, 이상기상, 보건 등 분야별 활용도 강화

제공
다양화

전자기후표, 웹기반 시계열 등 그래픽 정보 추가

※ 기상기후데이터 이해와 활용성 강화

02 달라진 서비스

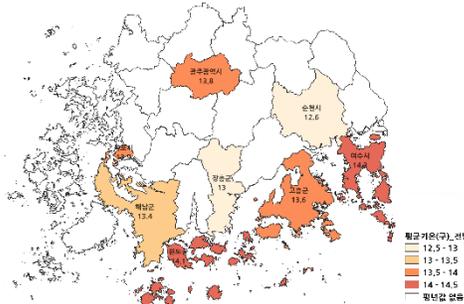


평년값 제공지점 3배 확대

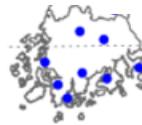
행정구역별 기후정보 제공으로
지역 기후변화 적응정책 지원 강화

지역별 상세화된 기후정보 제공으로
국민 체감 기후서비스 제공

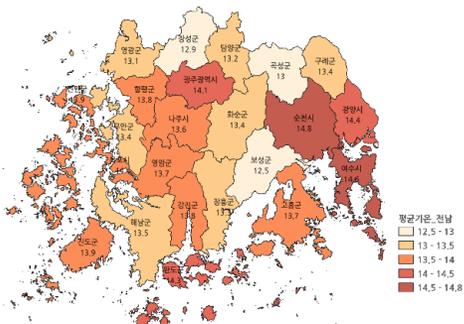
구평년값 제공지점 9개



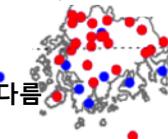
- 시·군 8개, 섬 1개
- 10년 이상 ASOS 관측 지점



신평년값 제공지점 28개



- 시·군·구 26개, 섬 2개
- 10년 이상 모든 관측 지점
- 지역마다 평년 산출 기간이 다름



[연 평균기온 구 평년값('81-'10)]

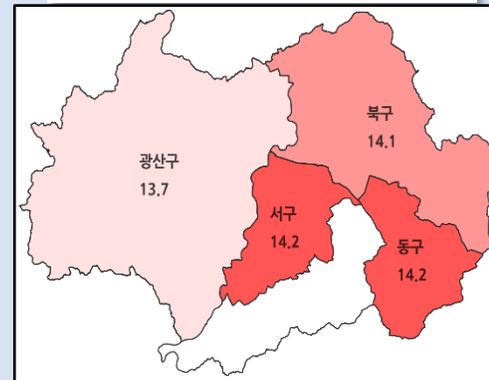


[연 강수량 구 평년값('81-'10)]

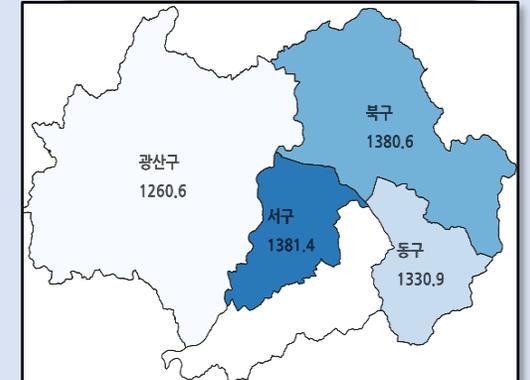


세분화된 기후정보 제공

[연 평균기온 신 평년값('91-'20)]



[연 강수량 신 평년값('91-'20)]





03

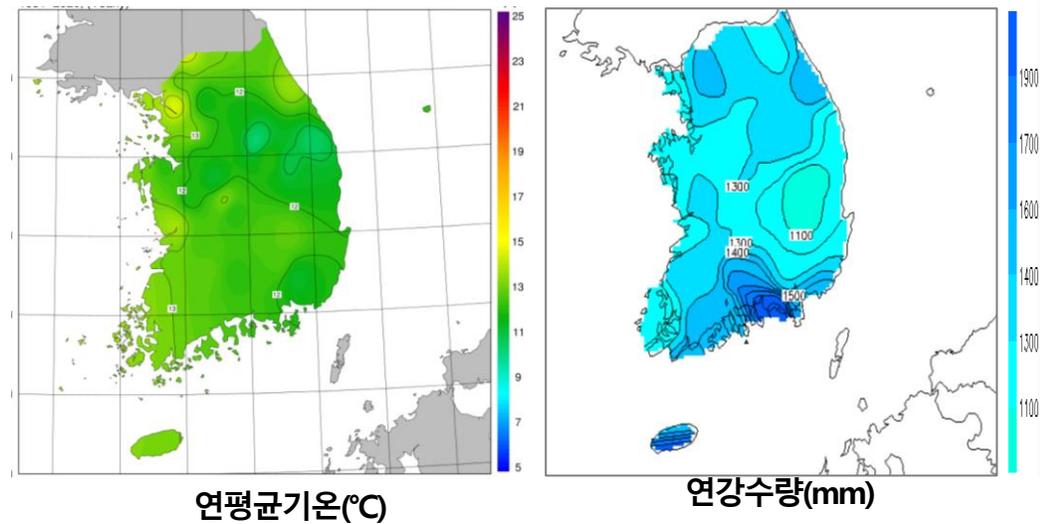
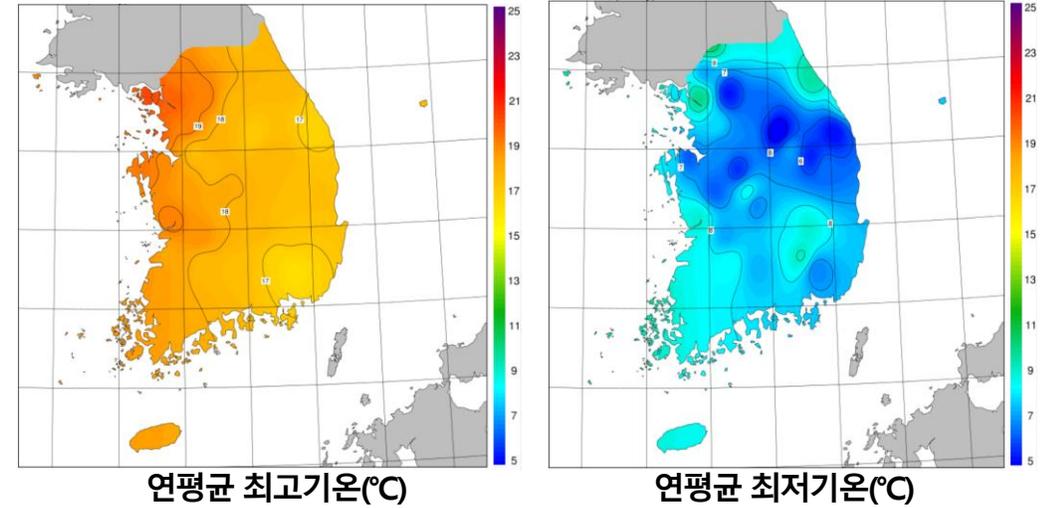
신평년값으로 바라본 광주의 기후변화

03 신-구 평년값 비교

[요소별 신-구 평년값 비교]

요소명	광주			전국 평균(45개 지점)		
	신평년 (1991-2020)	구평년 (1981-2010)	신-구 평년차이	신평년 (1991-2020)	구평년 (1981-2010)	신-구 평년차이
연 평균기온 (°C)	14.1	13.8	+0.3	12.8	12.5	+0.3
연평균 최고기온(°C)	19.4	19.1	+0.3	18.3	18.1	+0.2
연평균 최저기온(°C)	9.8	9.5	+0.3	8.0	7.7	+0.3
연강수량 (mm)	1380.6	1391.0	-10.4	1306.3	1307.7	-1.4
강수일수 (일)	120.7	124.3	-3.6	104.5	103.5	+1.0
폭염일수 (일)	15.6	12.0	+3.6	11.8	10.1	+1.7
열대야일수 (일)	16.1	12.6	+5.2	7.2	5.3	+1.9

[주요 요소의 신 기후평년값(1991-2020) 분포도]



03 기온 변화 |



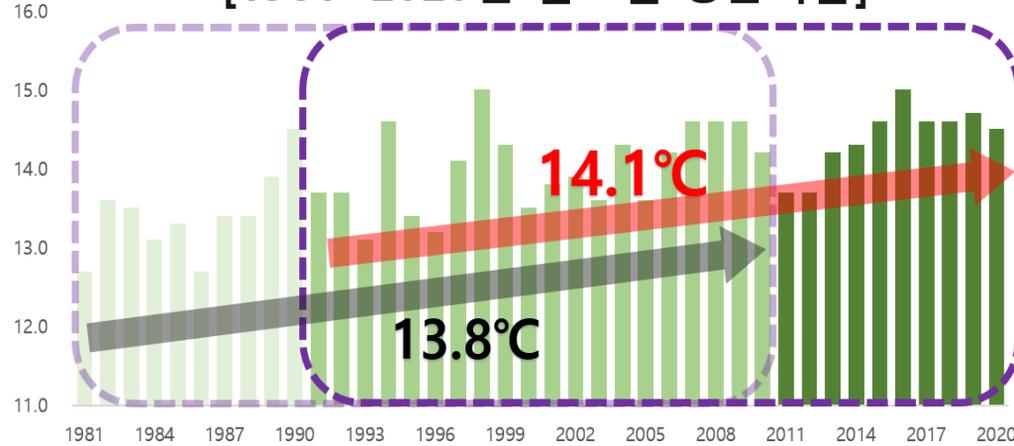
광주 기온 평년값

광주 연평균기온은 14.1°C

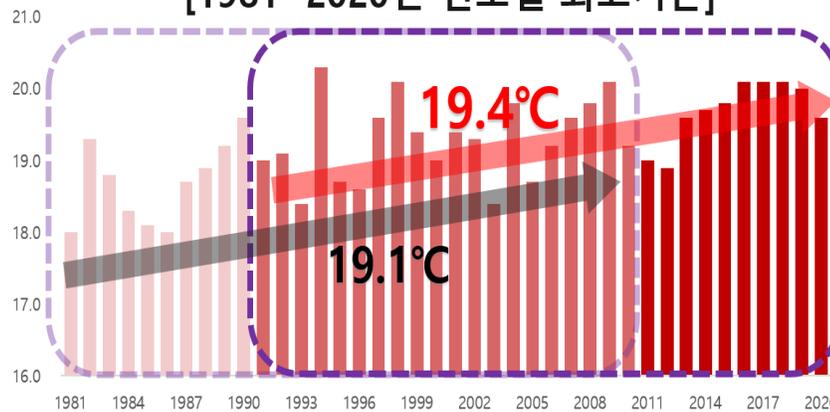
과거 평년보다 +0.3°C 상승

지구온난화에 따른 지속적인
기온 상승 추세

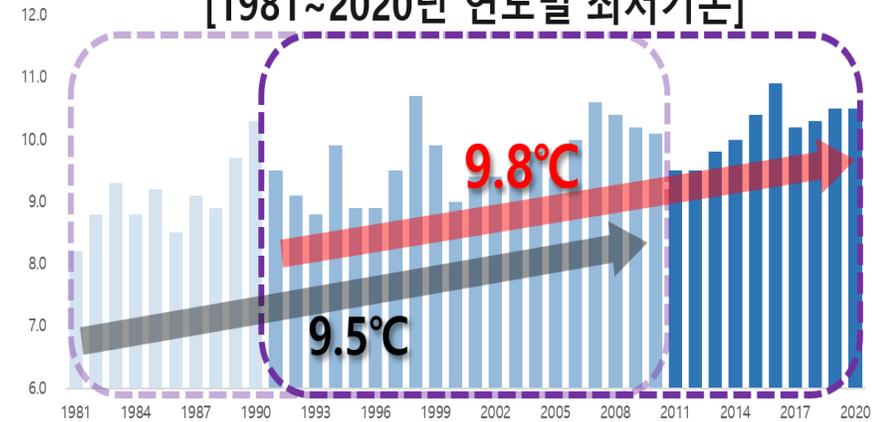
[1981~2020년 연도별 평균기온]



[1981~2020년 연도별 최고기온]



[1981~2020년 연도별 최저기온]



03 기온 변화 III



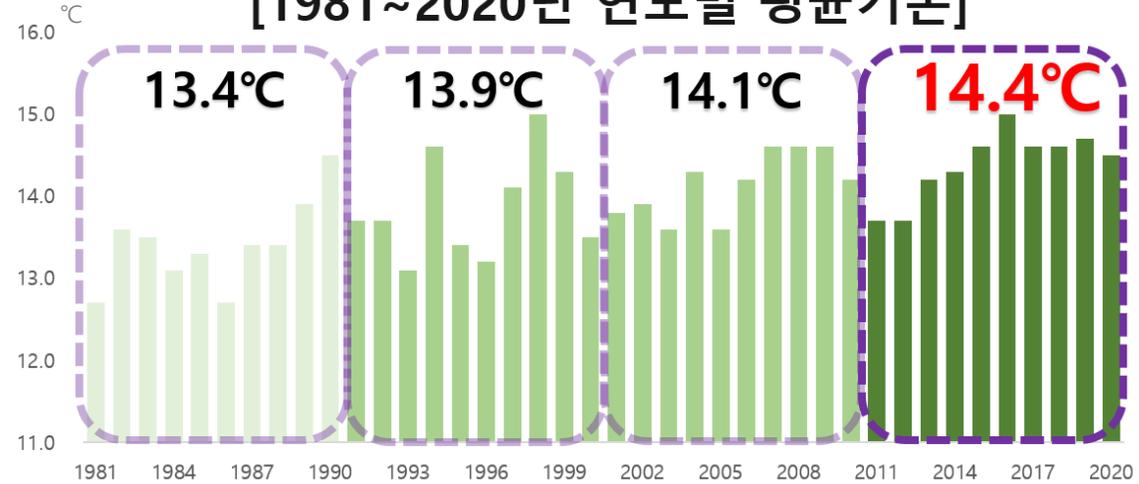
광주 10년 단위 비교

2010년대 평균기온은 14.4°C

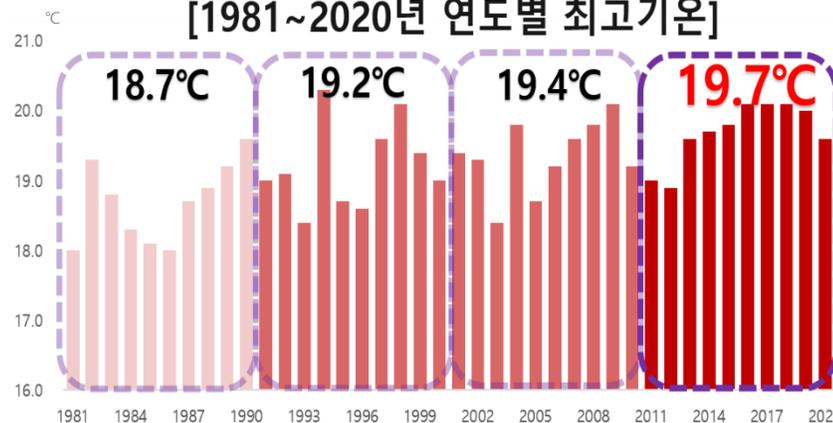
1980년대보다 +1.0°C 상승

10년마다 0.2~0.5°C씩 상승

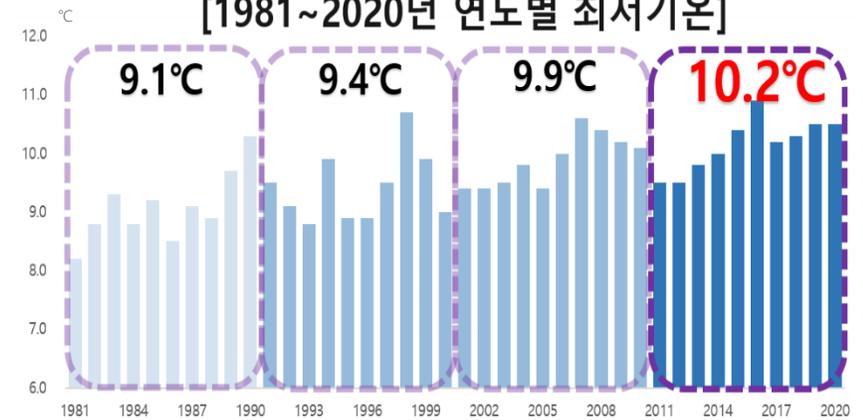
[1981~2020년 연도별 평균기온]



[1981~2020년 연도별 최고기온]



[1981~2020년 연도별 최저기온]



03 기온 비교

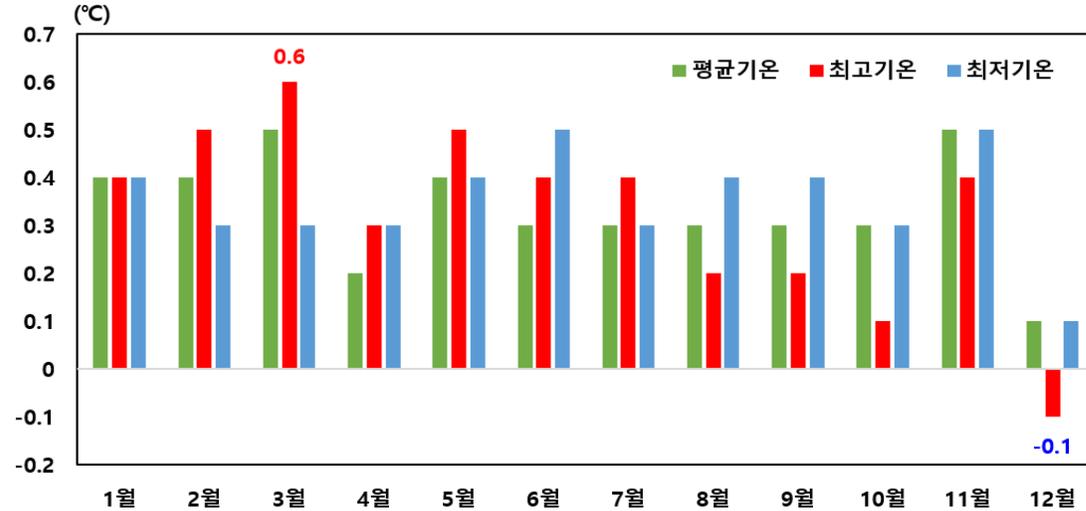


월별 기온

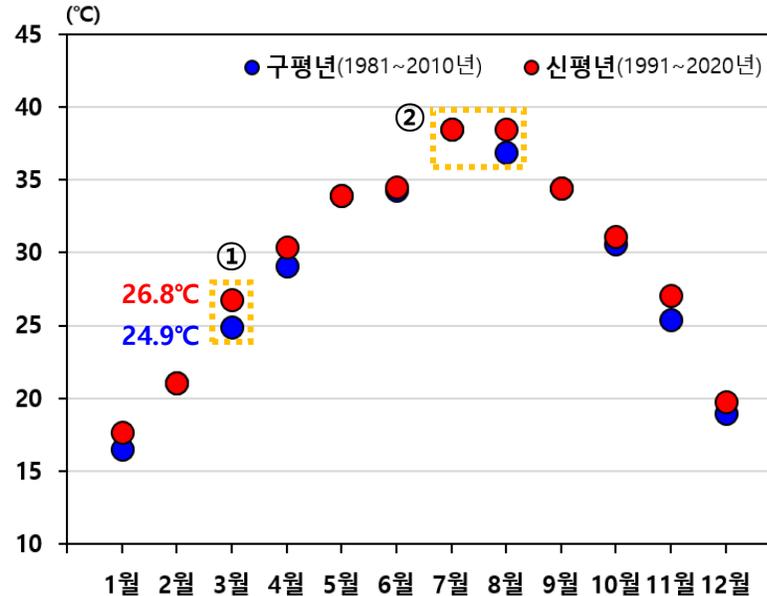
월별 평년값은 구평년에 비해
 3월 최고기온이 **+0.6°C 상승**
 12월 최고기온이 **-0.1°C 하강**

- ① 월별 일 최고기온 극값은 구평년에 비해 **8회 경신**, 그 중 **3월**이 가장 크게 경신
- ② 또한, **8월 극값**이 7월 극값과 같아짐(**38.5°C**)
- ③ 월별 일 최저기온 극값은 **5회 경신**, **10월 극값**이 **영하(-0.1)**에서 **영상(1.0°C)**으로 경신

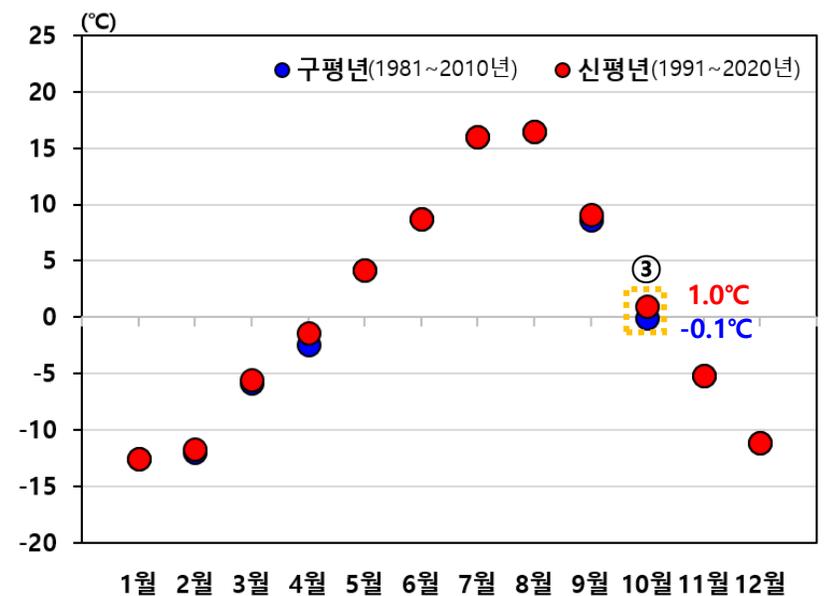
[광주 월별 신평년값 - 구평년값 차]



[광주 월별 일최고기온 극값 경신 분포도]



[광주 월별 일최저기온 극값 경신 분포도]



03 기온 현상일수



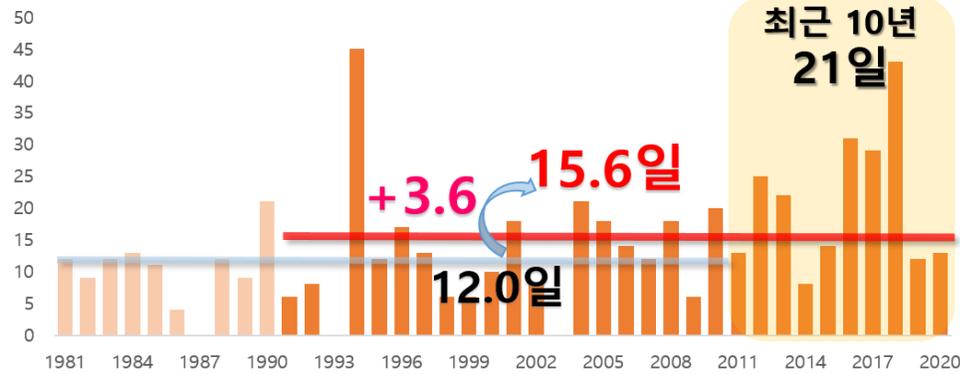
현상일수

폭염일수 **3.6일 증가**

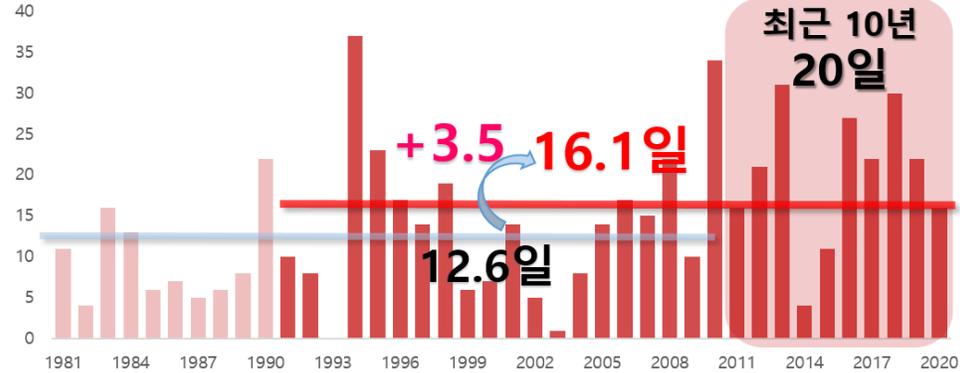
열대야일수 **3.5일 증가**

결빙일수 **0.9일 감소**

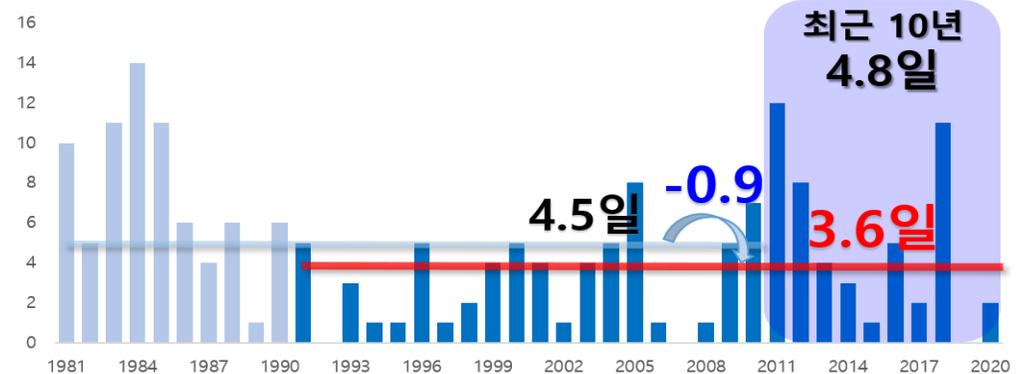
[1981-2020년 연도별 폭염일수]



[1981-2020년 연도별 열대야일수]



[1981-2020년 연도별 결빙일수]



- 현상일수 정의 -

*폭염일수: 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 수

*열대야일수: 밤(18:01~익일 09:00) 최저기온이 25℃ 이상인 날의 수

*결빙일수: 일 최고기온이 0℃미만인 날의 수

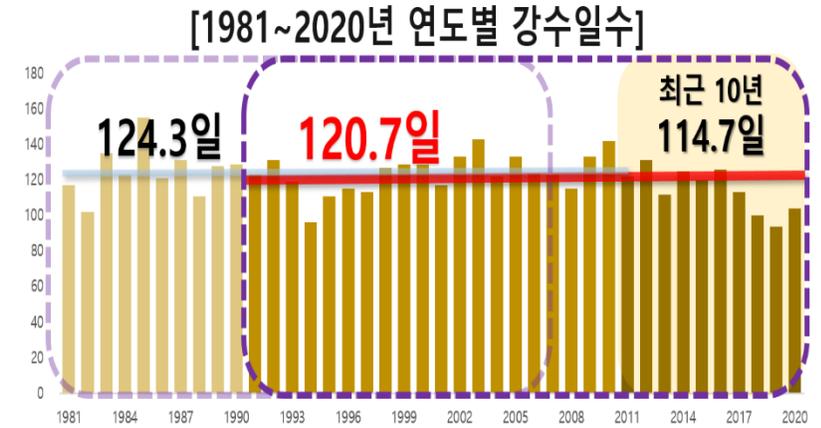
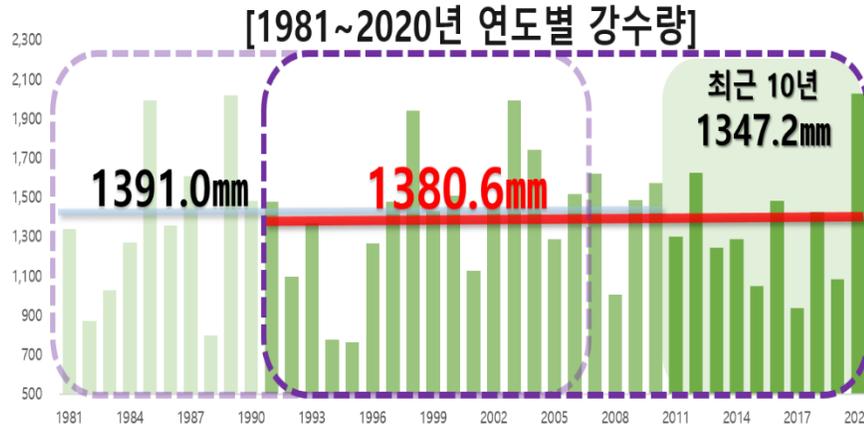
03 강수량 변화

광주 연강수량

연강수량은 1380.6mm

연강수량 평년값은

구평년보다 10.4mm 감소

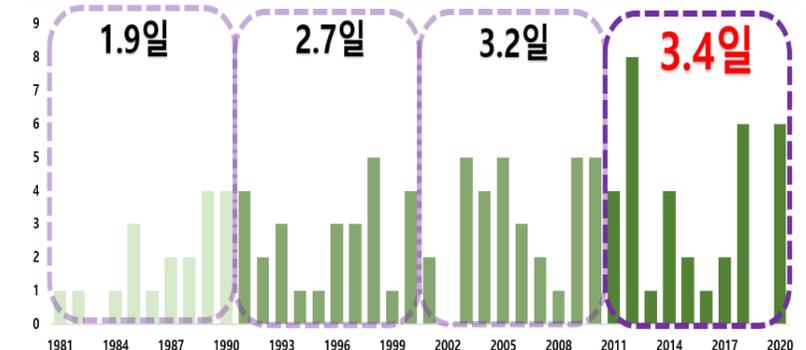
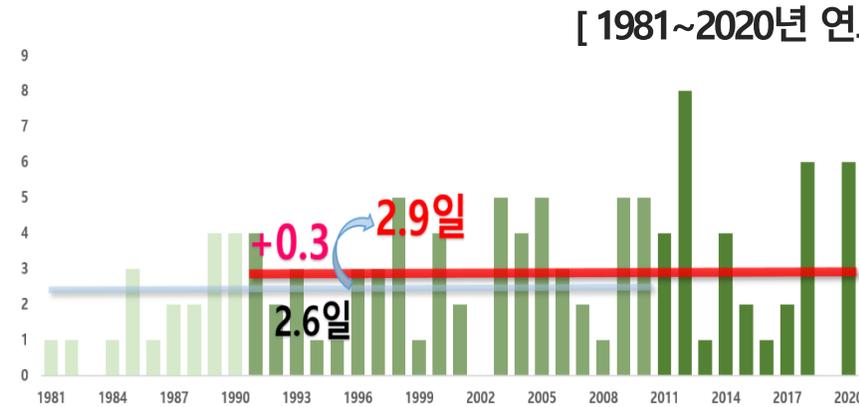


광주 집중호우*

*1시간 최다강수량 30mm 이상 일수

구평년에 비해 0.3일 증가

꾸준히 증가 경향



■ : 1시간 최다강수량 30mm이상 일수

03 계절길이 변화

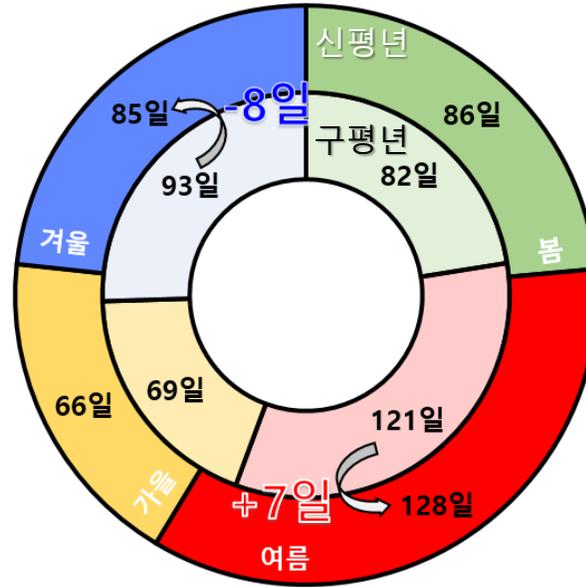


계절길이 비교

여름은 **7일** 길어지고,
겨울은 **8일** 짧아짐

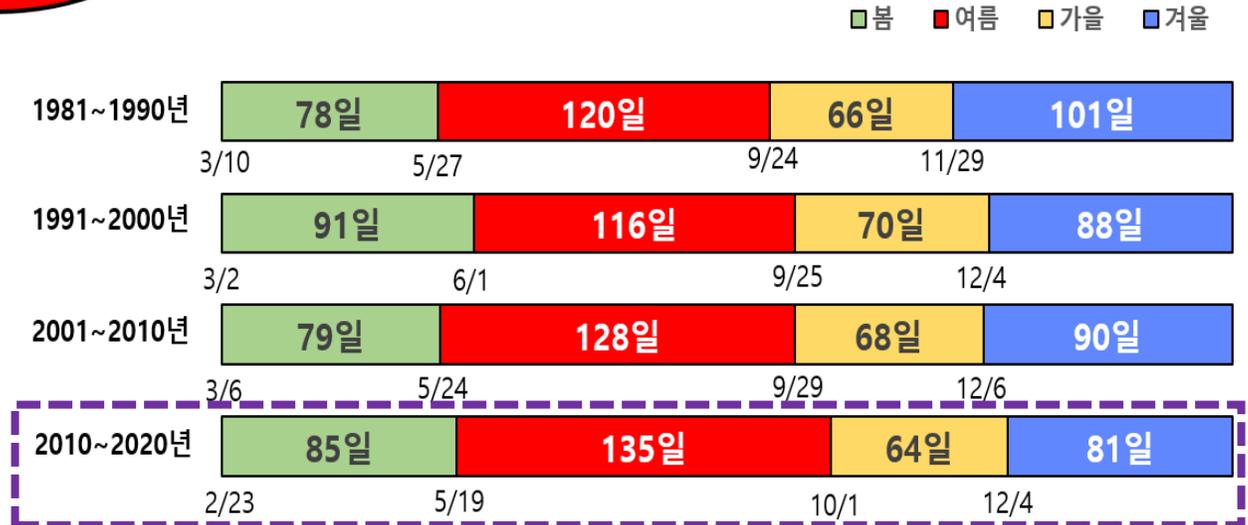
봄과 여름이 다소 빨라짐

[계절길이 구평년 VS 신평년]



계절	구평년		신평년	
	시작일	종료일	시작일	종료일
봄	3월 7일	5월 27일	2월 27일	5월 23일
여름	5월 28일	9월 25일	5월 24일	9월 28일
가을	9월 26일	12월 3일	9월 29일	12월 3일
겨울	12월 4일	3월 6일	12월 4일	2월 26일

[계절길이 10년단위 비교]



- 계절 시작의 정의 -

*봄/여름: 일평균기온이 5°C/20°C 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날

*가을/겨울: 일평균기온이 20°C/5°C 미만으로 떨어진 후 다시 올라가지 않는 첫날

03 자치구별 비교



평균기온과 강수량

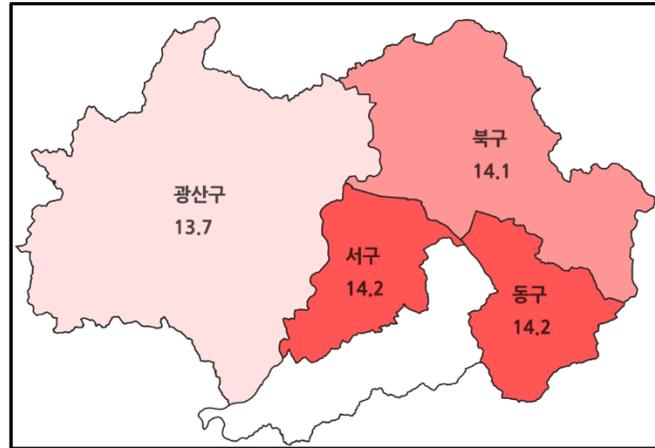
신평년 연평균기온은

서구=동구 > 북구 > 광산구
 (14.2°C) (14.1°C) (13.7°C)

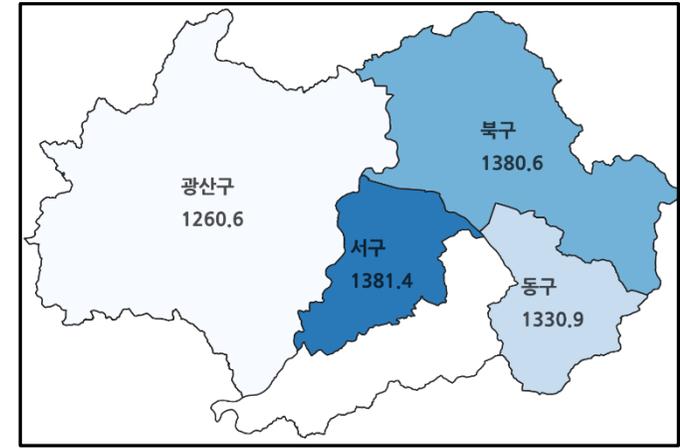
신평년 연강수량은

서구 > 북구 > 동구 > 광산구
 (1381.4mm) (1380.6mm) (1330.9mm) (1260.6mm)

[신평년 연평균기온 분포도]



[신평년 연강수량 분포도]



요소	신 평년값				최근 10년 평균 (2011~2020)			
	북구 (1991~2020)	서구 (2003~2020)	동구 (1996~2020)	광산구 (1994~2020)	북구	서구	동구	광산구
연평균기온 (°C)	14.1	14.2	14.2	13.7	14.4	14.2	14.0	13.5
연최고기온 (°C)	19.4	20.0	19.4	19.6	19.7	20.3	19.3	19.9
연최저기온 (°C)	9.8	9.3	9.9	8.5	10.2	9.2	9.6	8.2
연강수량 (°C)	1380.6	1381.4	1330.9	1260.6	1347.1	1357.8	1339.6	1319.1

기후변화 관점의 주요특징

- ✓ 지속적 기온 상승추세, 광주 평균기온 14.1°C 로 기존 평년보다 0.3°C 높아져
- ✓ 연강수량(1,380.6mm)은 과거보다 10.4mm 감소, 강수일수(120.7일) 도 3.6일 줄어들어
- ✓ 폭염과 열대야 늘어난 반면, 결빙일수는 줄어들어
- ✓ 최근 10년 기온, 강수 등 날씨 변동폭 커져
- ✓ 봄과 여름의 시작은 다소 빨라지고 길어진 반면, 가을과 겨울은 짧아져

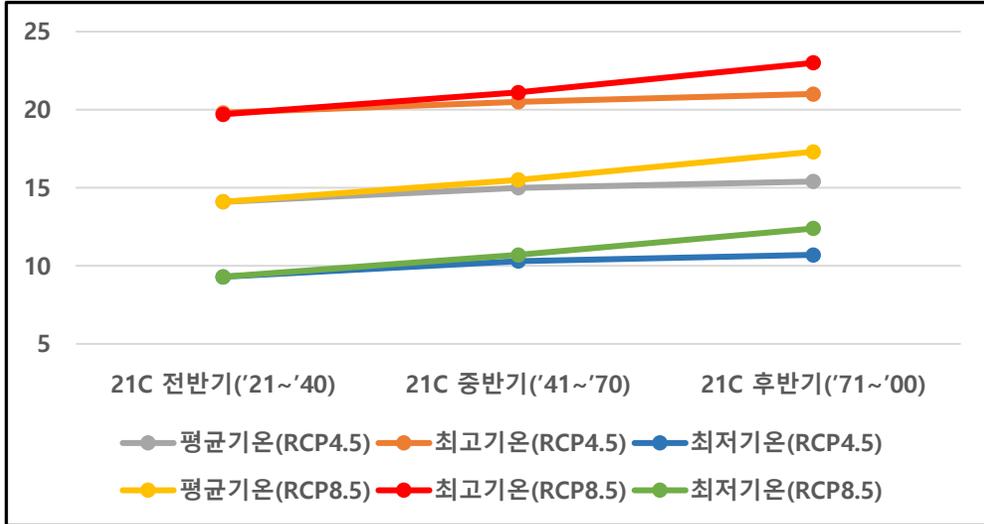


04

광주의 미래 기후

04 광주의 미래 기후

[광주광역시 기온 변화(2021~2100년)]

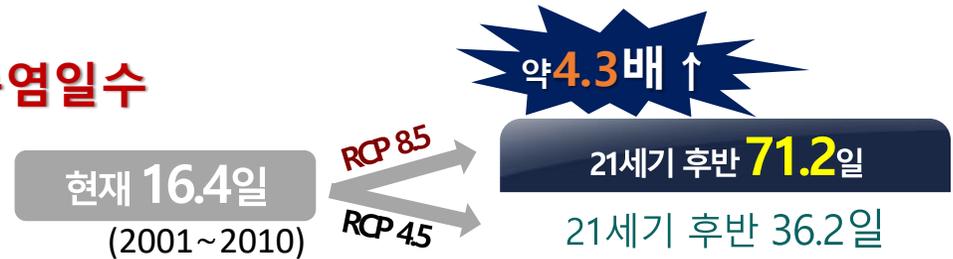


RCP 8.5기준

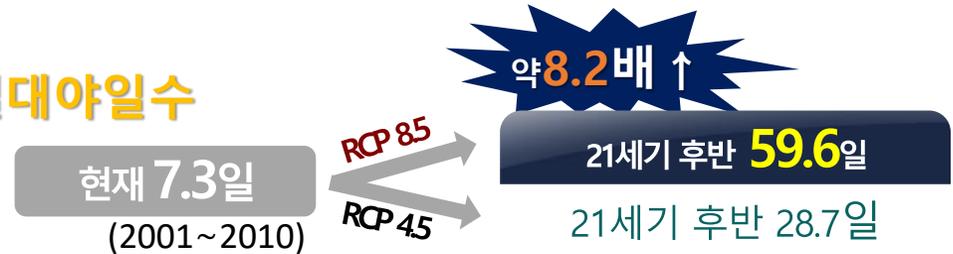
- Ⓧ [평균기온] 21세기 후반기, 현재보다 **3.9°C 상승**한 17.5°C 예상
- Ⓧ [최고기온] 21세기 후반기, 현재보다 **4.2°C 상승**한 23.4°C 예상, 상승 경향 **+0.41°C/10년**으로 우세
- Ⓧ [최저기온] 21세기 후반기에 현재보다 **3.6°C 상승**한 12.5°C 예상

구분	현재 (2001~2010)	시나리오	21C 전반기 ('21~'40)	21C 중반기 ('41~'70)	21C 후반기 ('71~'00)	경향성 (10년당)
평균기온 (°C)	13.6	RCP4.5	14.3	15.2	15.7	+0.17
		RCP8.5	14.3	15.7	17.5	+0.40
최고기온 (°C)	19.2	RCP4.5	20.1	20.9	21.3	+0.15
		RCP8.5	20.1	21.5	23.4	+0.41
최저기온 (°C)	8.9	RCP4.5	9.4	10.4	10.8	+0.18
		RCP8.5	9.4	10.8	12.5	+0.39
강수량 (mm)	1415.2	RCP4.5	1394.1	1594.8	1430.1	+4.50
		RCP8.5	1519.9	1455.7	1591.6	+8.96

☞ 폭염일수



☞ 열대야일수



* RCP4.5 온실가스 저감 정책이 상당히 실현(2100년 CO₂ 농도 540ppm)

* RCP8.5 현재 추세대로 온실가스 배출 (2100년 CO₂ 농도 940ppm)

04 광주의 연대별 평균기온 변화와 도시모습 변천사

<광주 공원>



1940년대(1941~1950년)
12.5°C

1960년대(1961~1970년)
13.1°C

1970년대(1971~1980년)
13.1°C



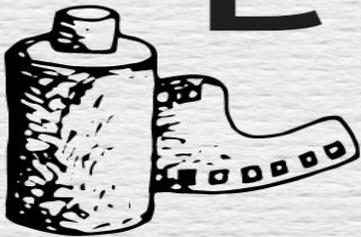
1980년대(1981~1990년)
13.4°C

1990년대(1991~2000년)
13.9°C

2000년대(2001~2010년)
14.1°C

기후 사진관

사진관



숫자로 보는
그때 그 시절

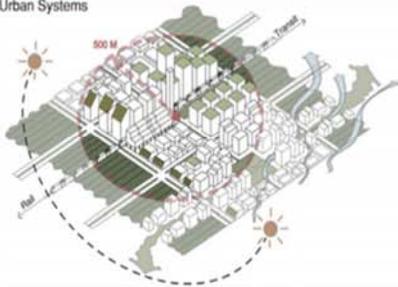
<출처: 광주광역시 시청각자료실>

감사합니다.

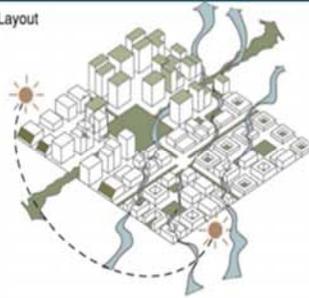
탄소중립도시 구현에 필요한 기후위기 적응 도시설계 전략

2021. 5. 11.

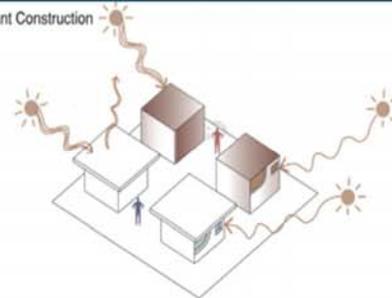
1. Efficiency of Urban Systems



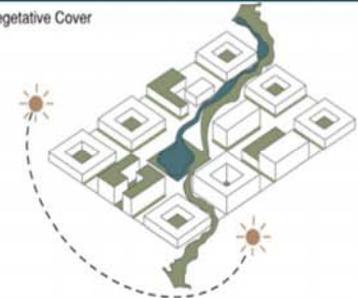
2. Form and Layout



3. Heat - Resistant Construction Material



4. Vegetative Cover



Source : UCCRN(2018), Climate Change and Cities, p.7

이은석 녹색건축센터장 (Ph.D)

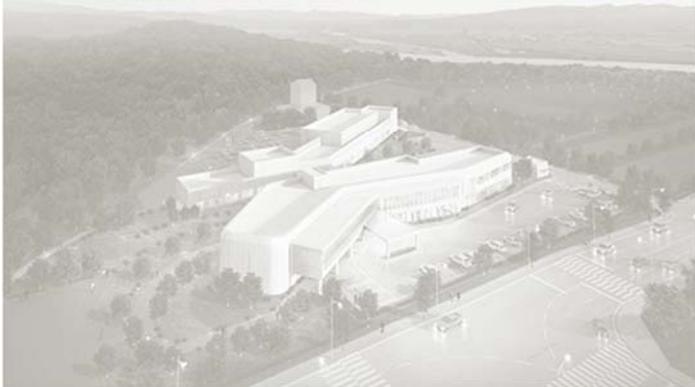
Contents

1 서론

2 탄소중립을 위한 건축과 도시계획의 관계

3 기후변화 대응을 위한 기반: 취약성 진단

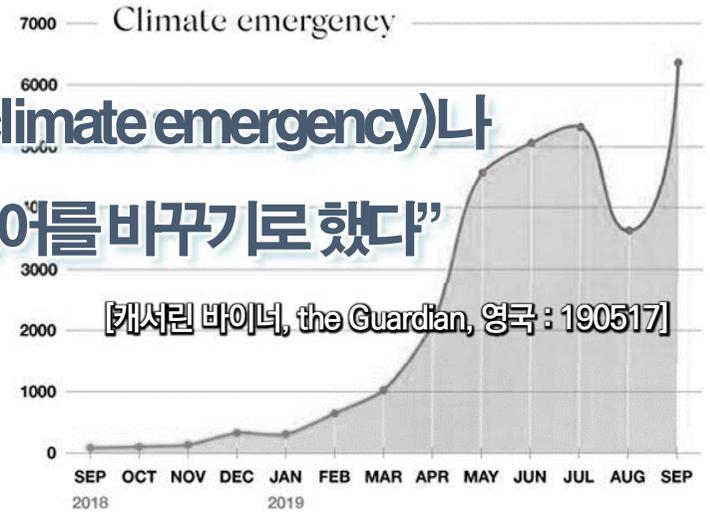
4 취약특성에 따른 탄력적 도시설계 적용 방안



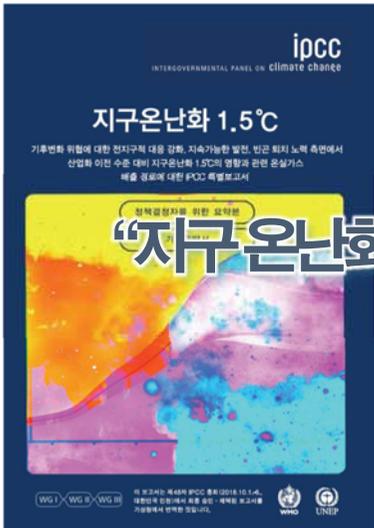
01 서론

기후변화, 기후위기 시대에서 탄소중립 시대로 급변

“기후변화(climate change) 대신 기후비상사태(climate emergency)나 기후위기(crisis), 기후붕괴(breakdown)등으로 용어를 바꾸기로 했다”



[캐서린 바이너, the Guardian, 영국 : 190517]



“지구온난화에 따른 연쇄 재앙을 막기 위해 2050년까지 탄소중립사회로 전환”

[IPCC, 181008]

“당신들은 당신의 자녀를 사랑한다고 하지만, 사실은 그 아이들의 눈앞의 미래를 빼앗고 있습니다.”

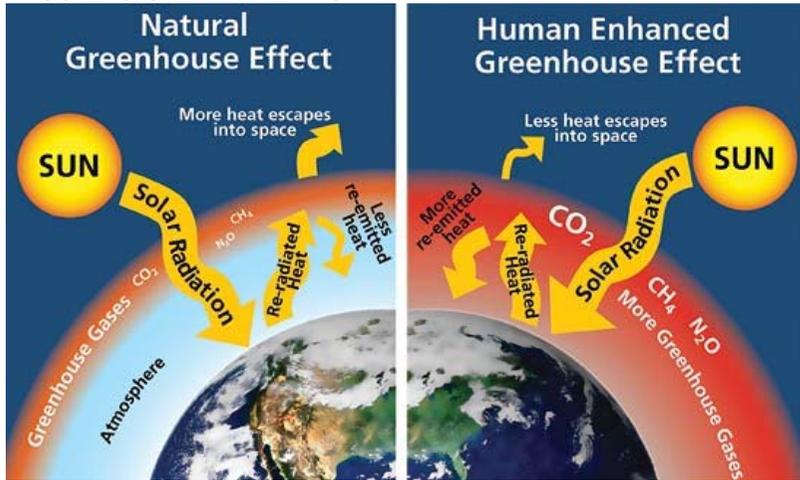


[그레타 툰베리, COP24, 181203~14]

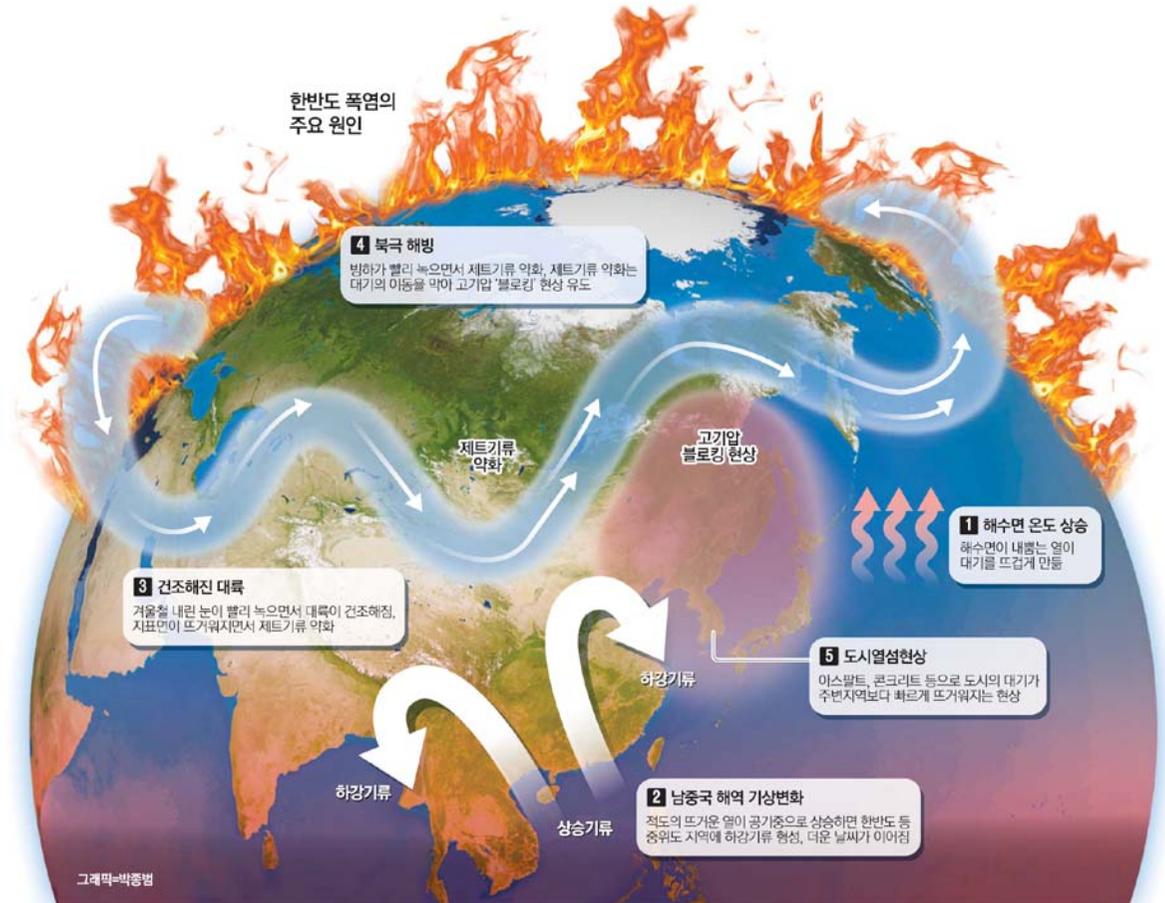
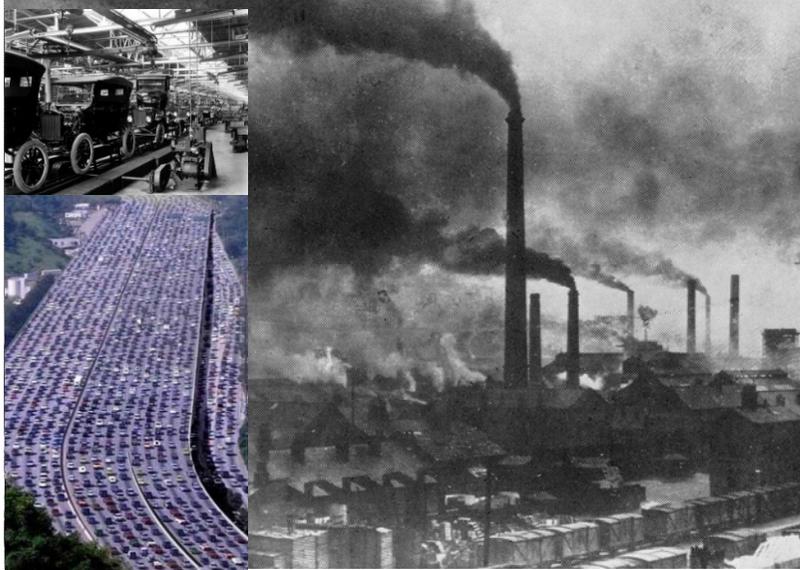
지구적 기후위기(Climatic Crisis), 한국의 현주소

눈에 보이지 않지만 함께 증가하고 있는 원인제공 물질과 기후 변동성

기후변화의 원인: 온실효과



1784년 1차 산업혁명시기부터 축적되기 시작한 온실가스



1973년 이래 여름철 폭염 및 열대야 일수 순위 (단위=일) '자료=기상청

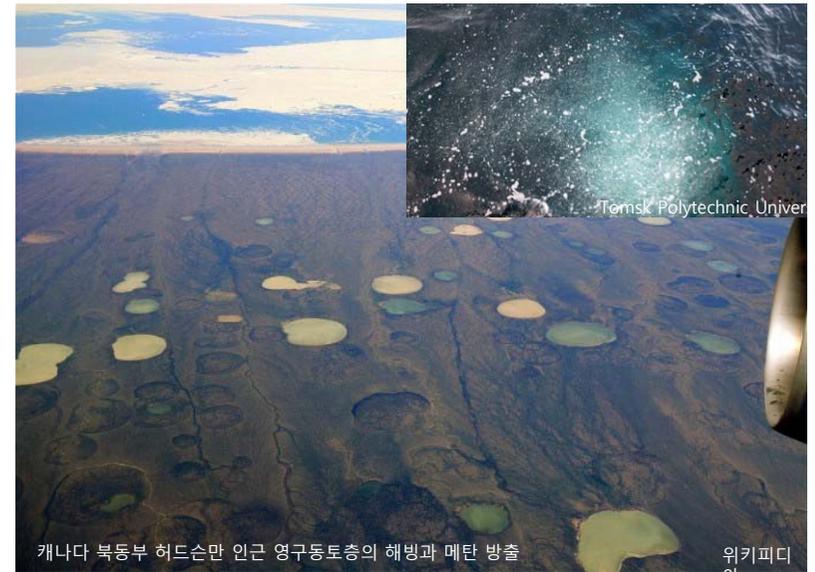
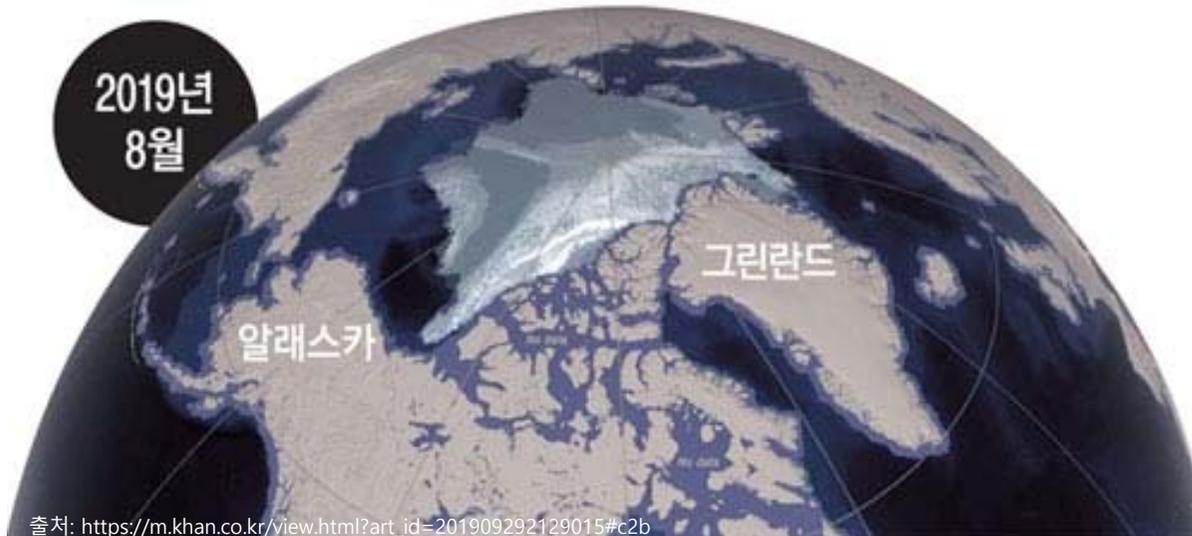
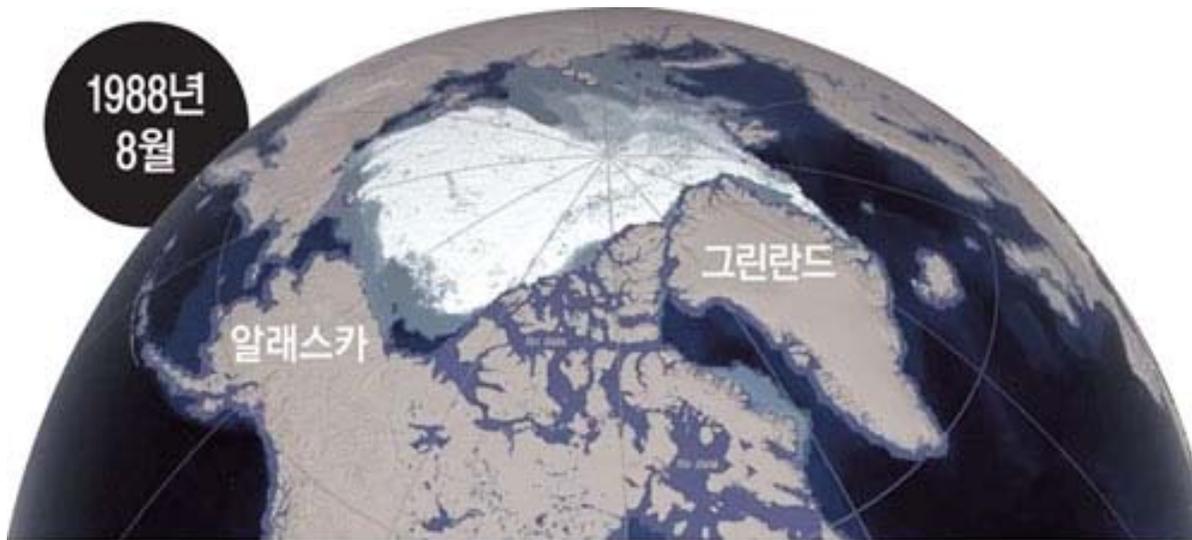
연도	일수
1위 1994년	29.7
2위 2016년	22.4
3위 2013년	18.2
4위 1990년	17.0
5위 1996년	16.8

1880년 이후 지구 평균 기온 변화 (단위=℃) '자료=NOAA

연도	기온 변화 (℃)
1위 2016년	1.69
2위 2015년	1.62
3위 2014년	1.33
4위 2010년	1.26
5위 2013년	1.19

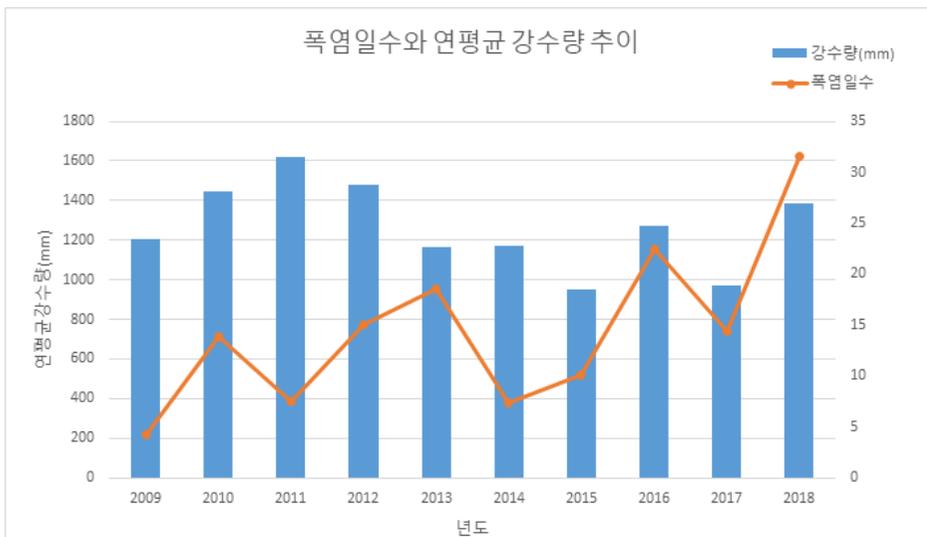
지구적 기후위기(Climote Crisis), 한국의 현주소

이미 기후영향이 사회적 문제로 직결되고 있음에도 불구하고 인과성을 인지하지 못하는 현실

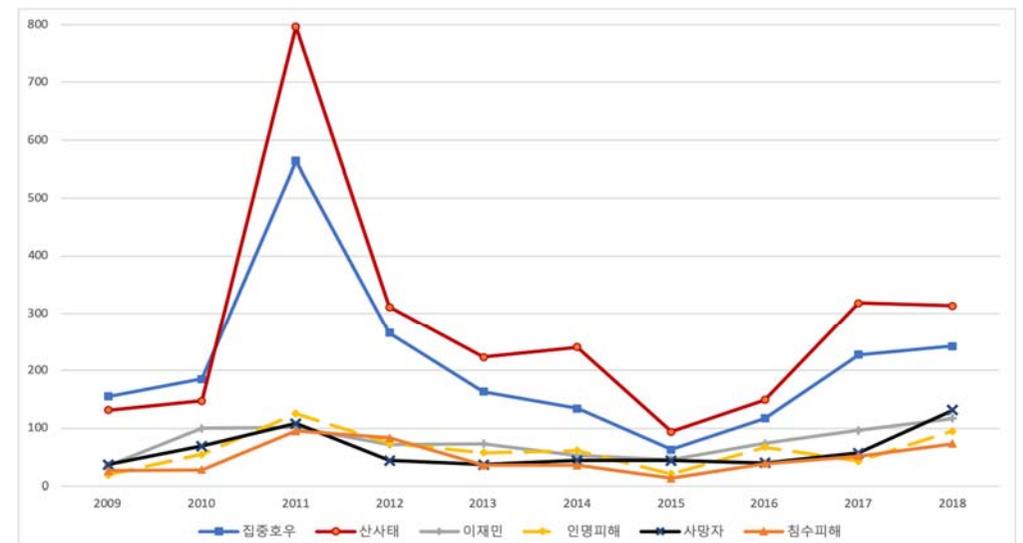
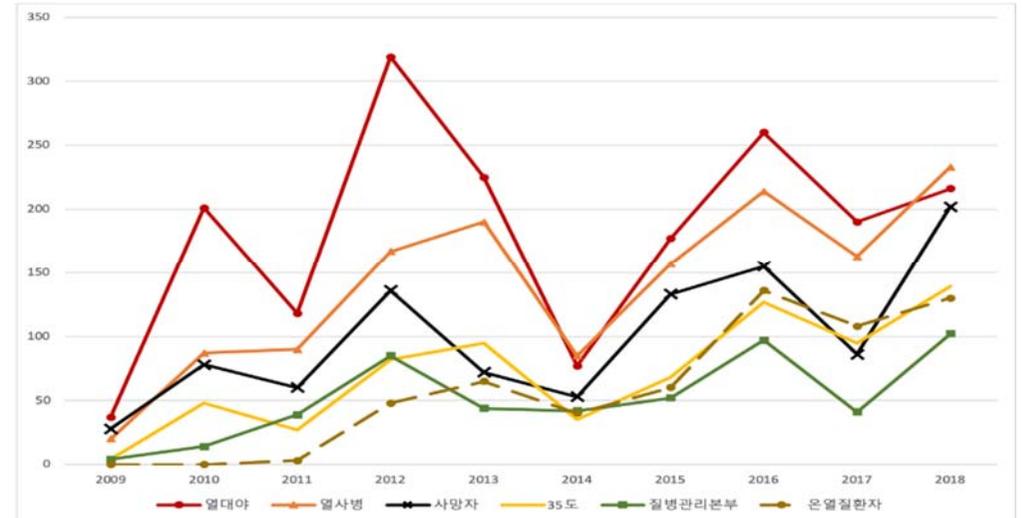


지구적 기후위기(Climote Crisis), 한국의 현주소

이미 기후영향이 사회적 문제로 직결되고 있음에도 불구하고 인과성을 인지하지 못하는 현실



[최근 10년간 폭염일수와 연평균 강수량 변화]
출처: 기상자료 개방포털 원자료 재구성



[뉴스 빅데이터(빅카인즈)을 통한 폭염(상)과 홍수(하)관련 언론 노출 빈도 경향]

출처: 연구진 작성

기후위기에 대한 국내외 주요 현안과 대응

기후위기 '완화'와 '적응'은 미래도시의 주요의제

파리협약에 서명한 195개 국가는 국가별기여방안(Nationally Determined Contributions, NDCs)에 '감축', '적응', '재원', '기술', '역량배양', '투명성'을 국가정책에 어떻게 투영했는지 5년 주기로 의무적 발표

제2차 기후변화대응 기본계획(2020~2040) 수립 완료

저탄소 녹색성장기본법 제40조 20년 단위, 5년 연동 국가법정계획

- 비전 : 지속가능한 저탄소 녹색사회 구현
- 목표 : 온실가스 배출 저감강화 (536백만톤, '30), 평균온도 2℃ 상승수준 유지
기후변화 적응력 제고 등 파리협정 이행을 위한 전 부문 역량강화
- 핵심전략 :
1. 저탄소 사회로 전환, 2. 기후변화 적응체계 구축, 3. 기후변화 대응 기반강화

IPCC 특별보고서 지구온난화 1.5℃ 채택에 따른 탄소중립 전략 선포

- '20.12 장기저탄소발전전략(LEDs) 제출을 위한 VIP 탄소중립선언 ('20.10)
→ 기후변화 글로벌 규제강화 및 경영활동 변화에 따른 글로벌 경제질서 변화
→ 친환경 시장 성장에 따른 주요국의 신시장 선점을 위한 투자확대 계획 발표

2050 탄소중립 추진전략 체계도



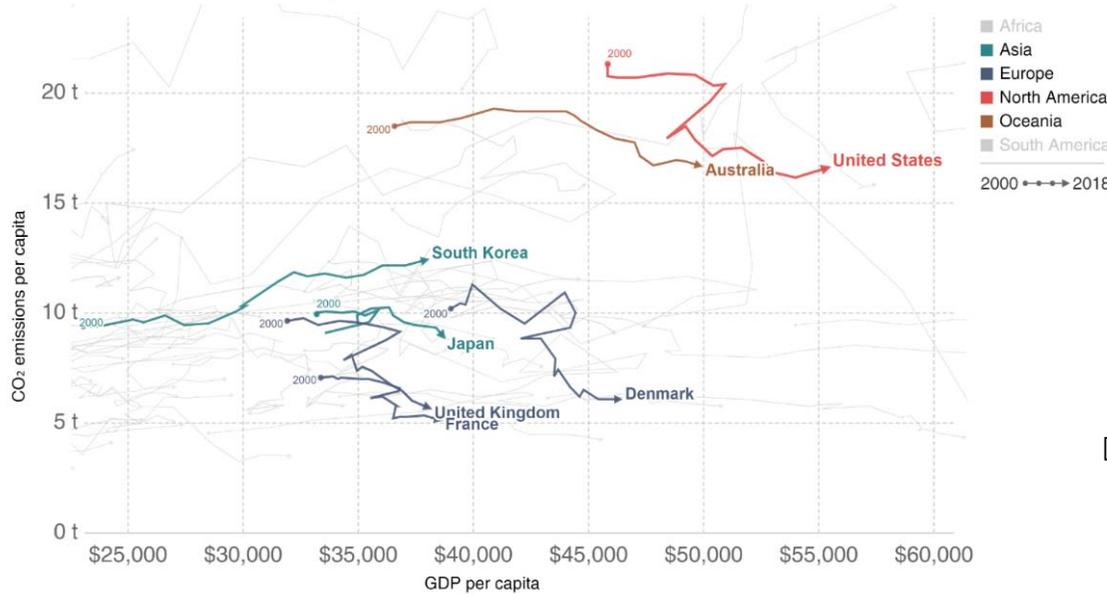
출처: 관계부처 합동 (2020), 2050 탄소중립추진전략, p4

탄소중립사회로 대전환에 필요한 현 상태 점검

□ 1인당 GDP 대비 이산화탄소 배출추이

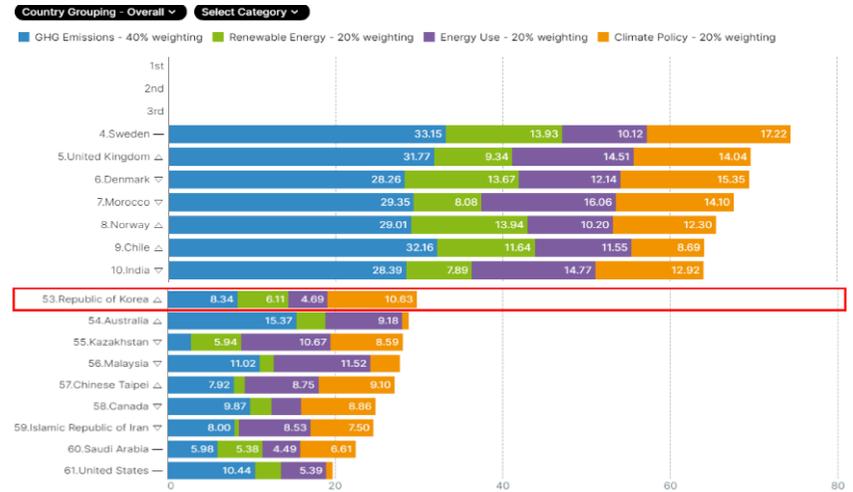
CO₂ emissions per capita vs GDP per capita, 2000 to 2018

This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included. Gross domestic product (GDP) per capita is measured in international-\$ in 2011 prices to adjust for price differences between countries and adjust for inflation.



Source: Global Carbon Project; Maddison Project Database 2020 (Bolt and van Zanden (2020))
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

□ CCPI(Climae Change Performance Index) 2021 내 우리나라 위치

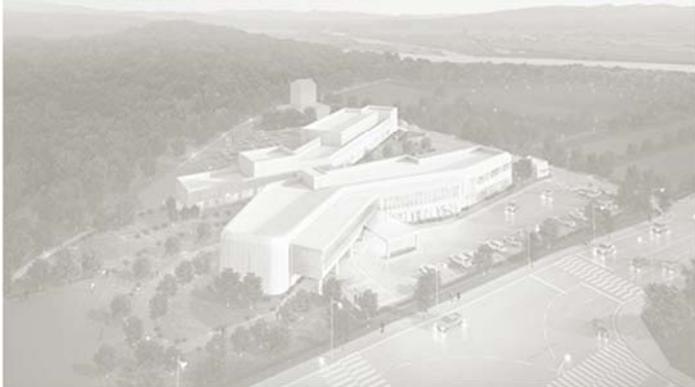


자료: <https://ccpi.org/ranking/>

□ CAT(Climae Action Tracker) 2021 내 우리나라 위치



자료: <https://climateactiontracker.org/>



02 탄소중립을 위한 건축과 도시계획의 관계

지속가능 한 건축물을 건축한다?

- 환경적 위협에 대응하기 위해 건축기술을 꾸준히 발전시켜왔으며, 이는 인류 수명연장에 기여
- 외부 위협의 특성에 따라 건축물 구조와 형태가 진화되어 왔으며, 국가별 건축양식의 차이로 나타남
- 강한 기후변화 영향은 현재보다 안전하고 지속 가능한 건축물을 짓고자 하는 원동력으로 작용



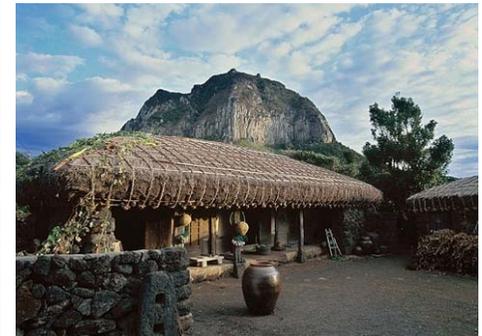
[인도네시아 : 따나 또라자 마을]
(출처 : <http://www.indoweb.org>, 접속일자 : 190113)



[노르웨이 전통주택 : Lofoten]
(출처 : <https://ko.depositphotos.com>, 접속:190113)



[중국 전통주택 : 토루]
(출처 : 교육부 공식 블로그, 접속일자 : 190113)



[한국 전통주택 : 제주 성읍초가]
(출처 : <http://blog.daum.net>, 접속일자 : 190113)



[이탈리아 전통마을 : 시칠리아]
(출처 : <https://ko.aliexpress.com>, 접속일자 : 190113)



[미국 대도시 건축 : 뉴욕]
(출처 : <https://ko.aliexpress.com>, 접속일자 : 190113)



[독일 생태마을 : 프라이부르크]
(출처 : 삼성물산 공식블로그, 접속일자 : 190113)



[영국 제로에너지 마을 : BEDZED]
(출처 : <https://earthbornpaints.co.uk>, 접속일자 : 190113)

건축을 통한 지속가능성은 당대 환경에 적응하고자 하는 의지에서 출발

기후위기에 적극적으로 대응하는 도시, 건축사례

| 호주 멜버른

➤ 멜버른 시의 온실가스 제로전략 시범 프로젝트 : Council House2

- 주요 기능적 특징 및 효과
 - CO2 배출량 87%, 전력소비 82%, 가스 87%, 물 72% 배출절감
 - 야간 오염된 공기를 정화하고 낮 동안에는 신선한 공기를 실내로 공급
 - 건물 외부는 태양에 반응하여 열을 반사하거나 모으고, 하수 재이용 시스템
- 친환경적 시스템
 - 파사드는 유리로 된 건물을 덮고 있는 목재 루버로 구성
 - 목재 루버의 회전축은 세로 방향으로 태양의 시간과 각도에 따라 직접 반응
 - 지붕에는 바람에 의해 회전하며 전기를 생산하고 열을 제거하는 풍력터빈
 - 태양광 전지, 태양열 온수 패널, 가스 연소 공동 발전 플랜트 설치

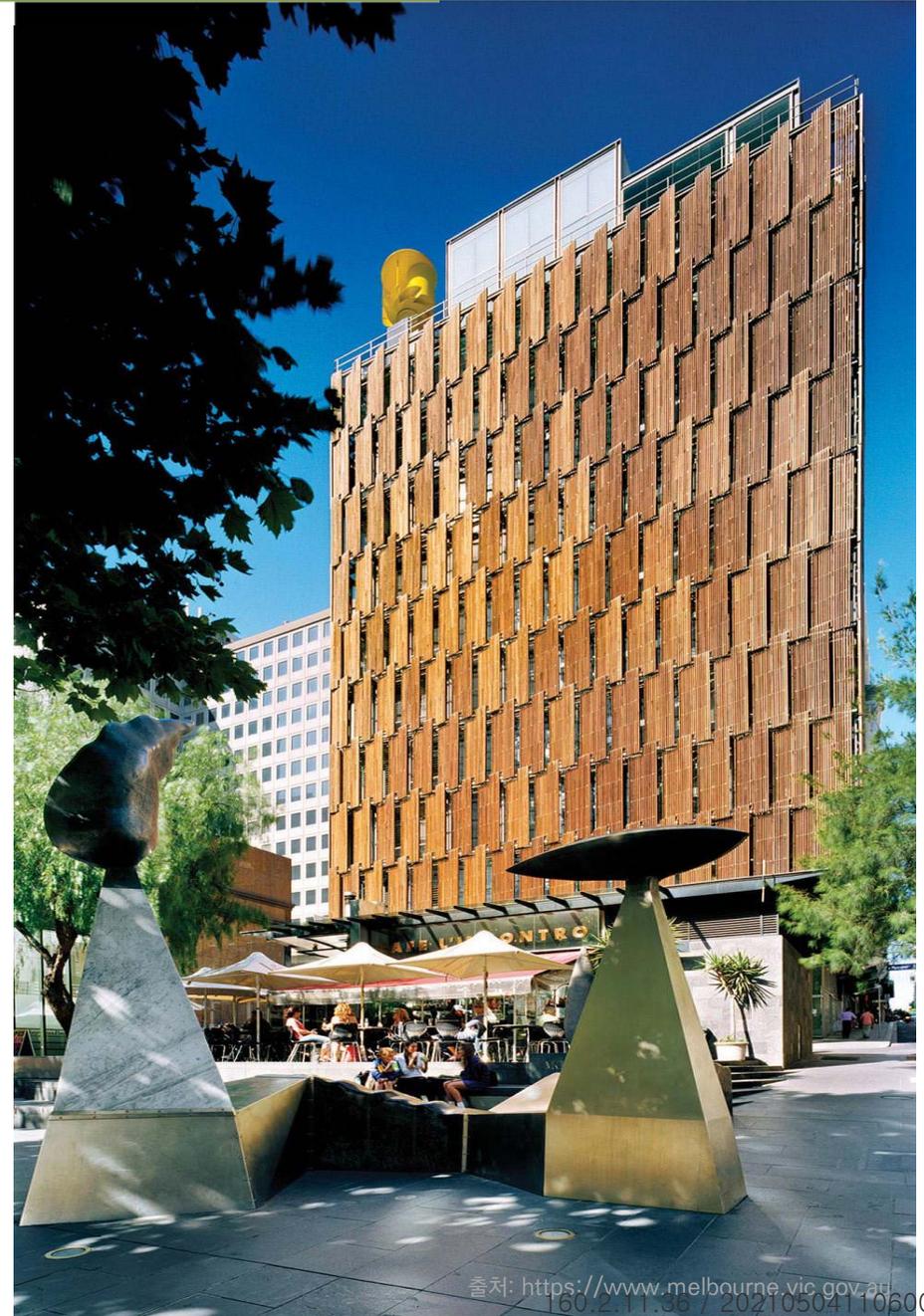
Architects: Designinc

Location: Melbourne VIC, Australia

Category:

Other Public Administration Buildings

Project Year: 2004

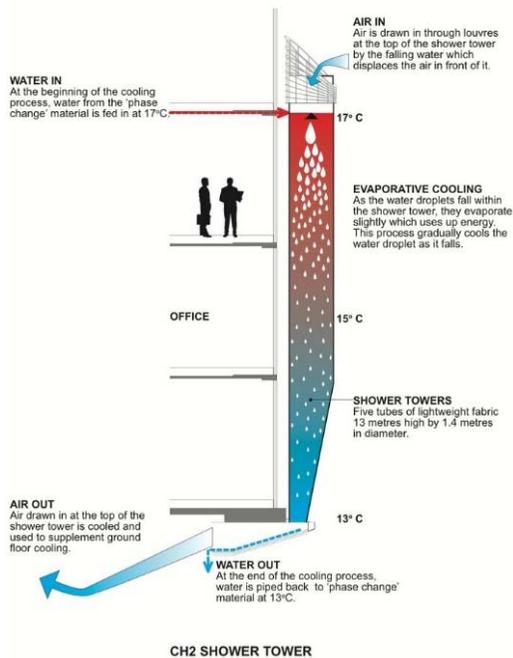


기후위기에 적극적으로 대응하는 도시, 건축사례

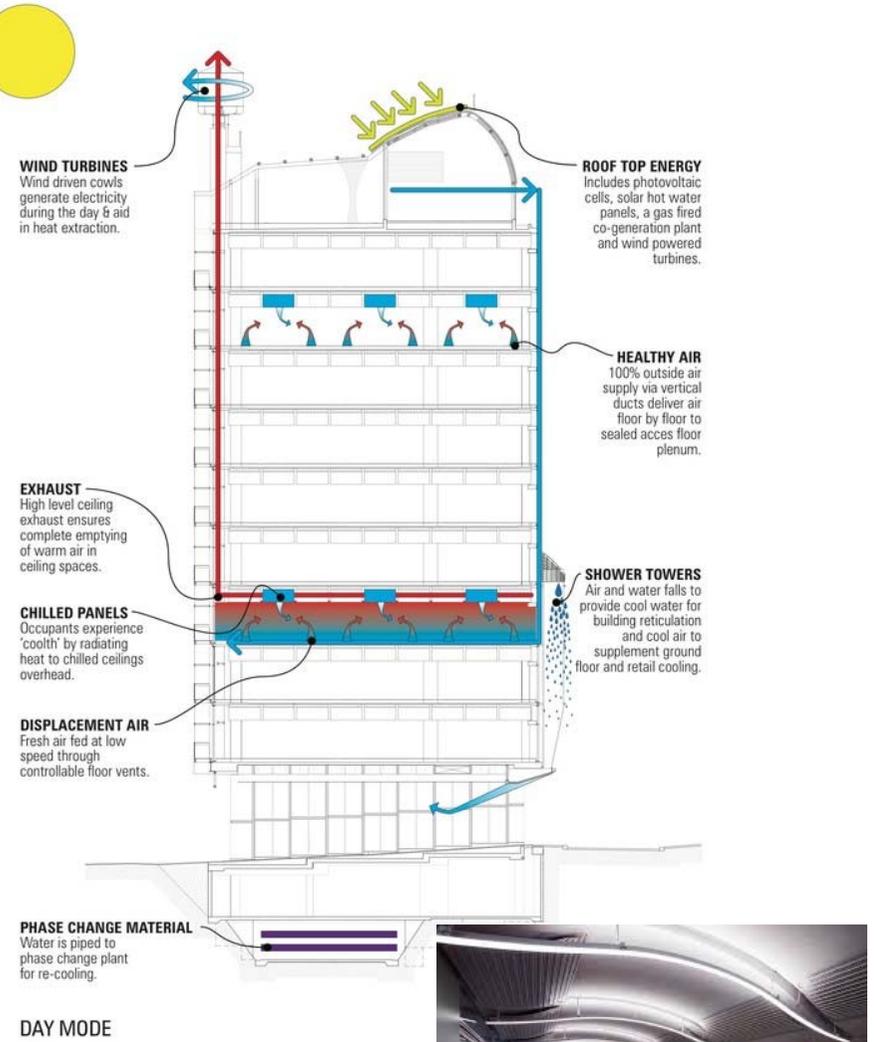
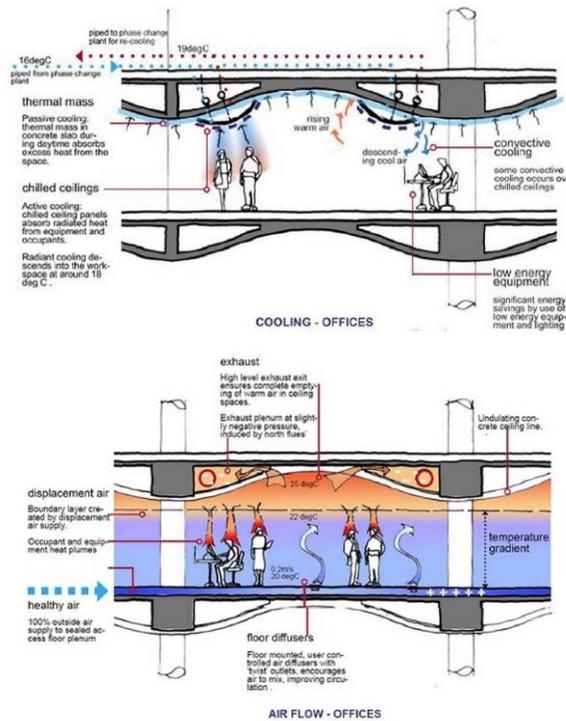
| 호주 멜버른

➤ Shower Tower를 활용한 HVAC 냉난방 및 건물에너지 순환기술

[Shower Tower의 작동원리]



[야간, 주간 내부의 공기흐름]



[CH2 에너지의 생성과 순환]



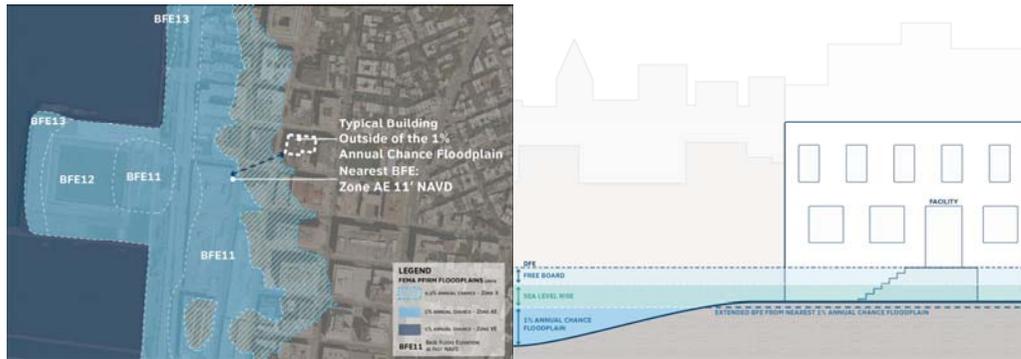
탄소중립과 연계 가능한 탄력적 도시설계의 개념

□ '탄력성(Resilience)'와 도시설계의 연결성

- 1) 탄력성(Resilience)의 어원적 개념은 라틴어의 'resilio'에 뿌리를 두고 있으며, 이는 '제자리로 돌아오다'의 의미
- 2) 통상적 탄력성의 정의는 노출된 위험에 대해 잠재적 기초구조와 역량으로 시의적절 한 방식으로 저항, 흡수, 완화해 내는 시스템, 커뮤니티, 사회의 능력이다.

→ 기후변화 대응을 위해 도시설계에 탄력성 개념을 적용하려면 어떤 관점이 필요한가? 출처 : 1) Klein, Nicholls, & Thomalla, (2003), 2) UNISDR, 2010, p. 13

[미래 해수면 상승을 고려한 탄력적 도시설계 지침과 도시설계의 유형]



출처 : NYC(2019) Climate Resiliency Design Guidelines

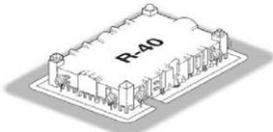
Conventional Zoning

Density use, FAR (floor area ratio), setbacks, parking requirements, maximum building heights specified



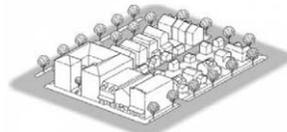
Zoning Design Guidelines

Conventional zoning requirements, plus frequency of openings and surface articulation specified



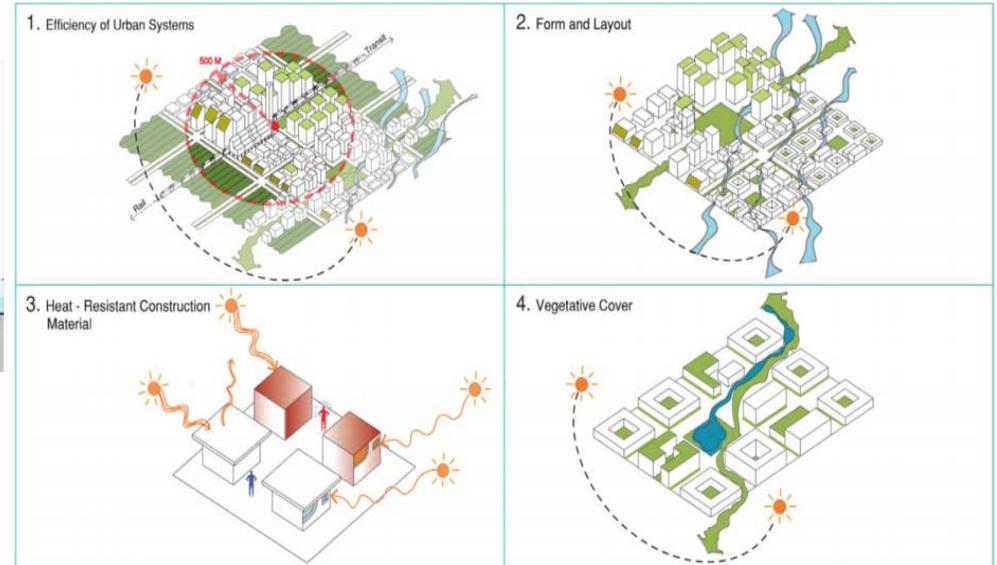
Form-Based Codes

Street and building types (or mix of types), build-to lines, number of floors, and percentage of built site frontage specified.



출처: <https://smartgrowthamerica.org/>

[기후변화를 대비한 도시설계 전략]



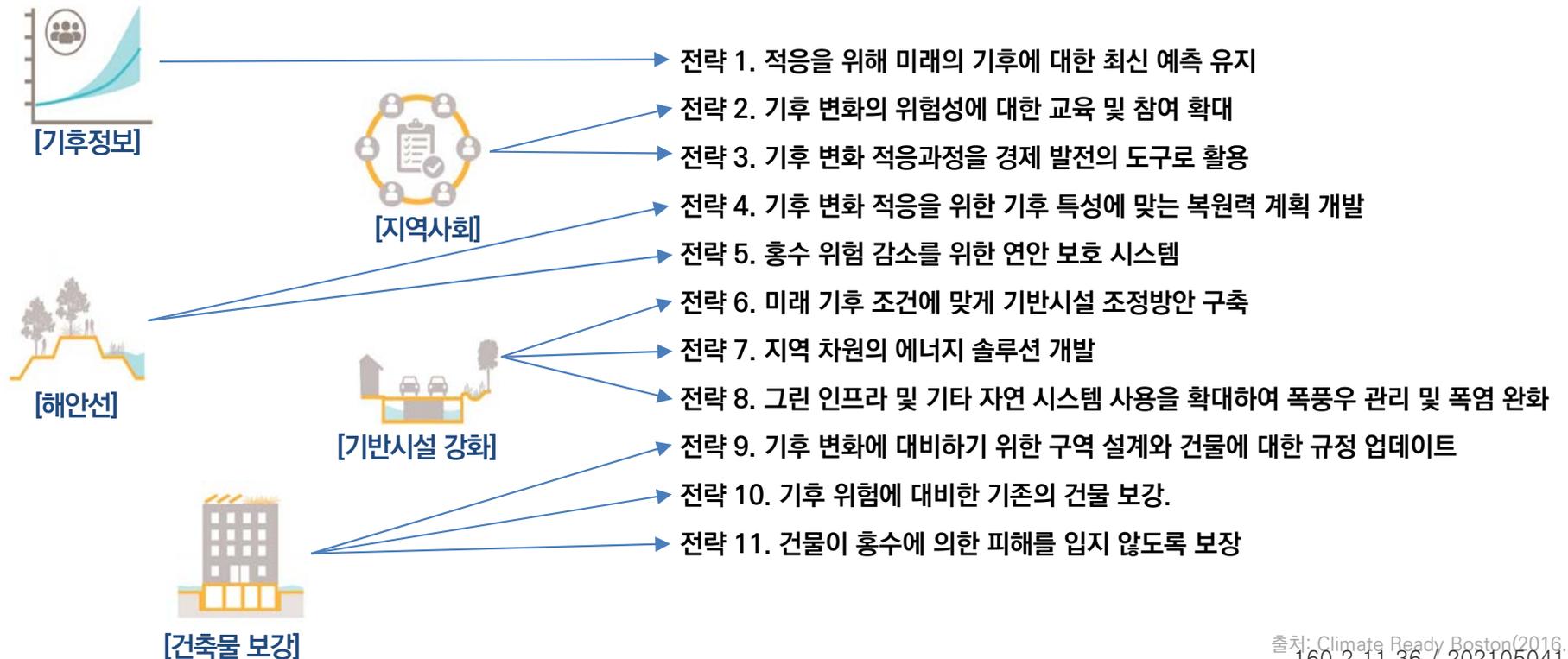
출처 : UCCRN(2018), Climate Change and Cities, p.7

기후위기에 적극적으로 대응하는 도시, 건축사례

| 미국 보스턴

➤ “Climate Ready Boston” 사업개요

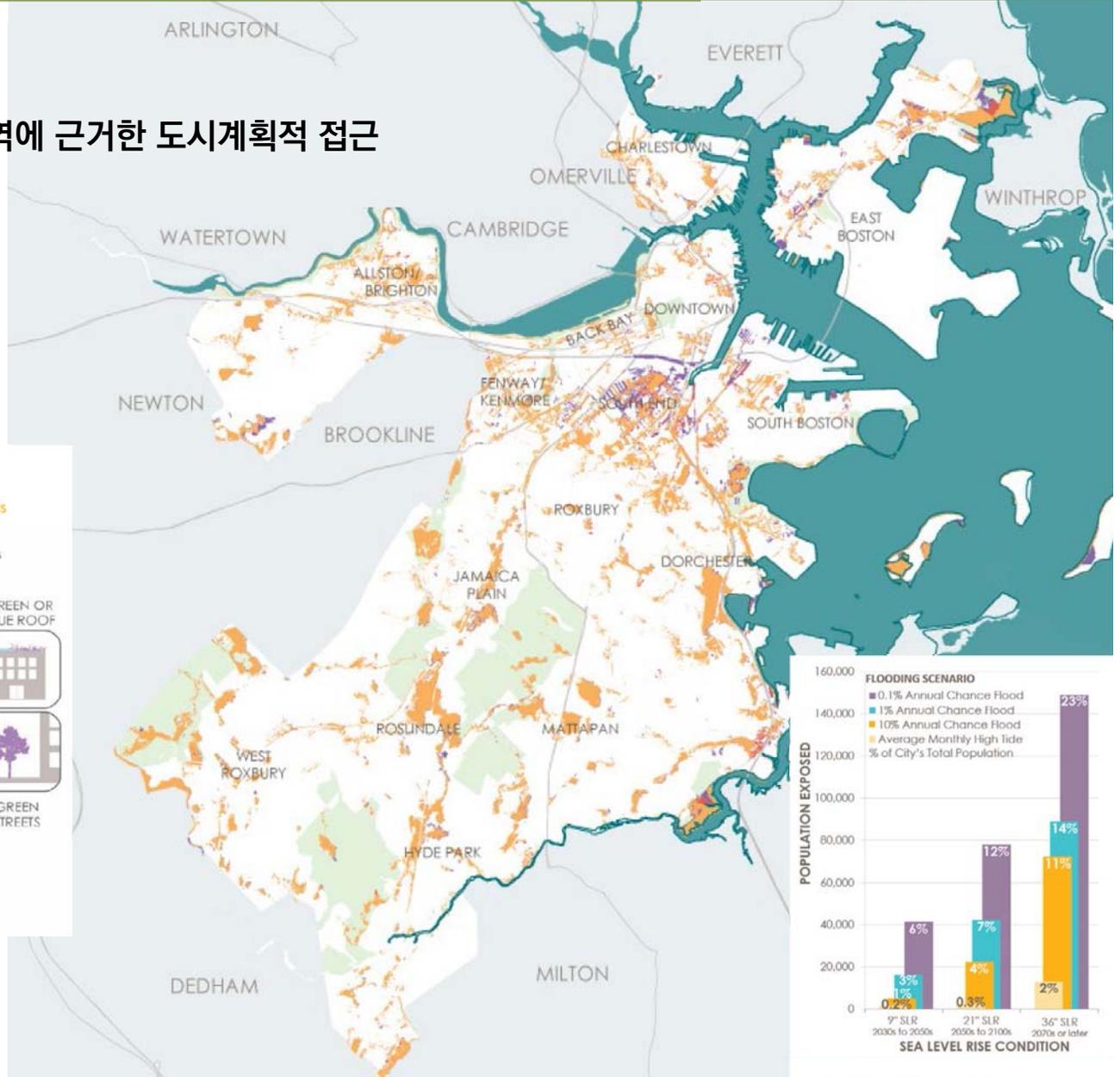
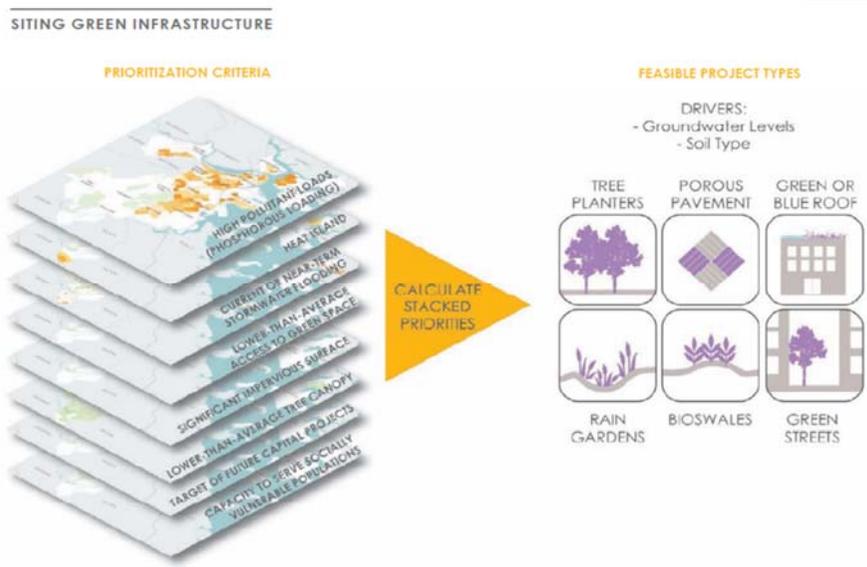
- 배경 : 1991년 이후로 허리케인 아이린 등의 21건의 재난을 겪은 Boston시는 기후변화가 해안과 강물의 범람, 홍수, 폭염 등 위험증가 우려
- 사업화 : 보스턴 시는 기후 변화에 대응하고 적응하기 위해 100여개의 도시와 함께 “Imagine Boston 2030”를 발표
 - Boston시는 기후 변화에 커다란 영향력을 끼치는 온실가스 배출이 억제되지 않는다면 폭염, 폭우, 해수면 상승 등의 결과 초래 예상
 - 미래 기후 변화의 위험을 해결하기 위해서 기후 변화의 영향력을 파악하고, 취약성을 정량화하여 복원 계획을 수립해야 함을 피력
- 추진전략 : 5대 부문(기후정보 업데이트, 지역사회, 해안선, 기반시설, 건축물), 11개 전략 제시



기후위기에 적극적으로 대응하는 도시, 건축사례

| 미국 보스턴

- 기후변화 시나리오에 따른 침수피해 예상지역에 근거한 도시계획적 접근
- 2030년~2050년, 2050년~2100년 중 10년 빈도 24시간 폭우 노출시 취약지역에 대한 공간정보 공개
- 현 공간여건 분석에 따른 6개 유형의 탄력성 강화 방안의 선택적 적용



[Boston의 기후변화 시나리오에 근거한 침수 취약지역 예상도]

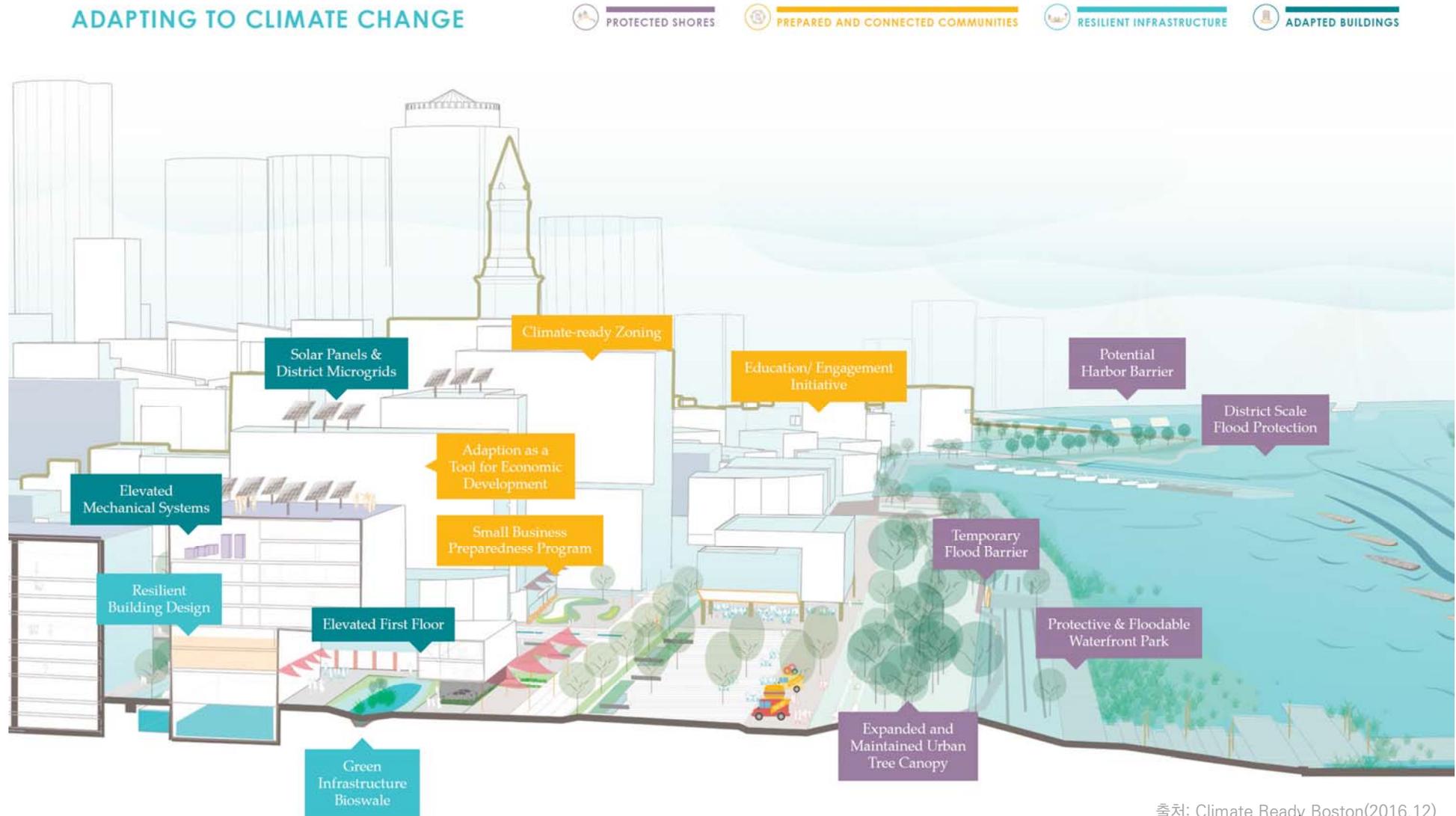
[탄력성 증진을 위한 녹색기반시설 설치공간 선정 조건 및 유형]

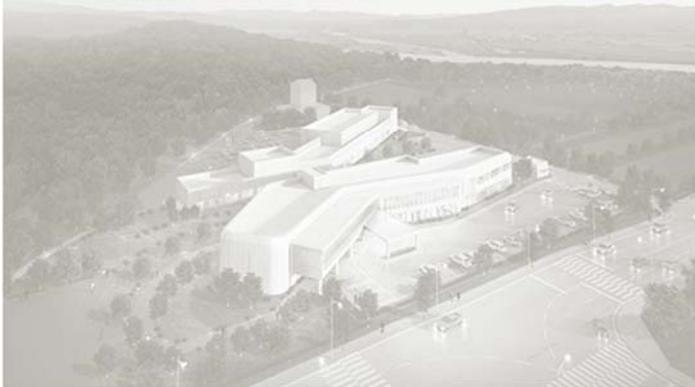
출처: Climate Ready Boston(2016.12)

기후위기에 적극적으로 대응하는 도시, 건축사례

| 미국 보스턴

➤ 기후변화 적응에 관한 보스턴의 도시 공간유형별 해법

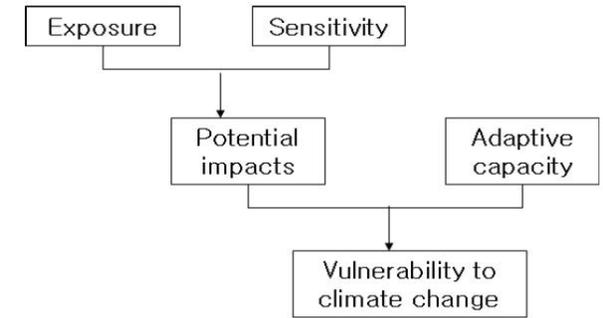




03 기후변화 대응을 위한 기반: 취약성 진단

현재 상태 파악을 위한 기후변화 취약성 진단

- 취약성진단 논리의 기본전제
 - IPCC(2001)에서 정한 취약성 진단 함수를 사용
 - 취약성은 노출, 민감도, 적응능력으로 설명
 - 노출과 민감성은 취약성을 증가시키므로 ‘+’요인,
적응능력은 취약성을 감소시키므로 ‘-’요인으로 정의



A framework of the vulnerability function to climate change
[Source : IPCC (2001)]

$$\begin{aligned}
 Vulnerability(V) &= f(Exposure(E), Sensitivity(S), Adaptive Capacity(A)) \\
 &= \sum_1^n E(x) + \sum_1^m S(y) - \sum_1^p A(z)
 \end{aligned}$$

- 지수변환을 위한 원자료의 표준화
 - 표준화 방식 : Z-Score(1차), Min-Max(2차)
 - 과정 : Raw data > Z-score > Min-Max > Index

$$Z - Score : Z = \frac{Score - Mean}{Standard Deviation}$$

$$Min - Max : V_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

기초데이터베이스 구축 및 알고리즘 실행

- 입력조건

- 기후변화 영향 : 폭염, 폭우

- 기후변화 시나리오 : RCP 8.5 2030, 2040, 2050 (제공 : VESTAP, KEI)

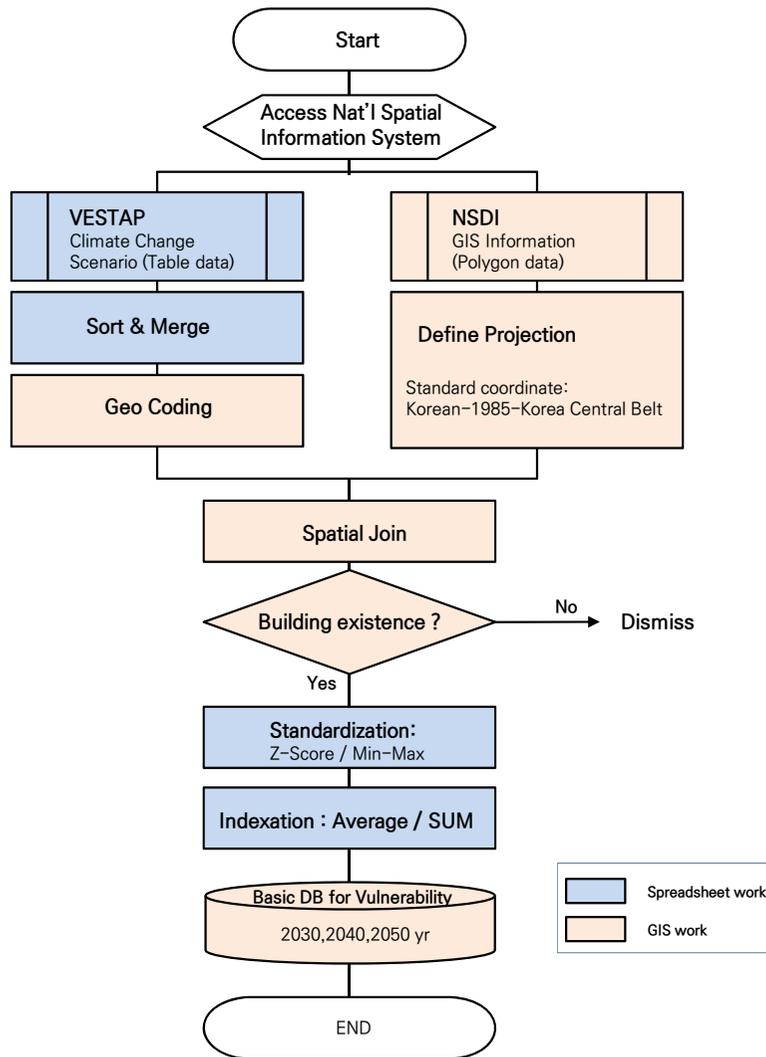
- 기준 년도 : 2018

- 수집대상 : 인구, 건축물, 학교접근성, 병원접근성, 공원접근성, 지리정보, 공시지가, 주택가격 (공공 공개정보)

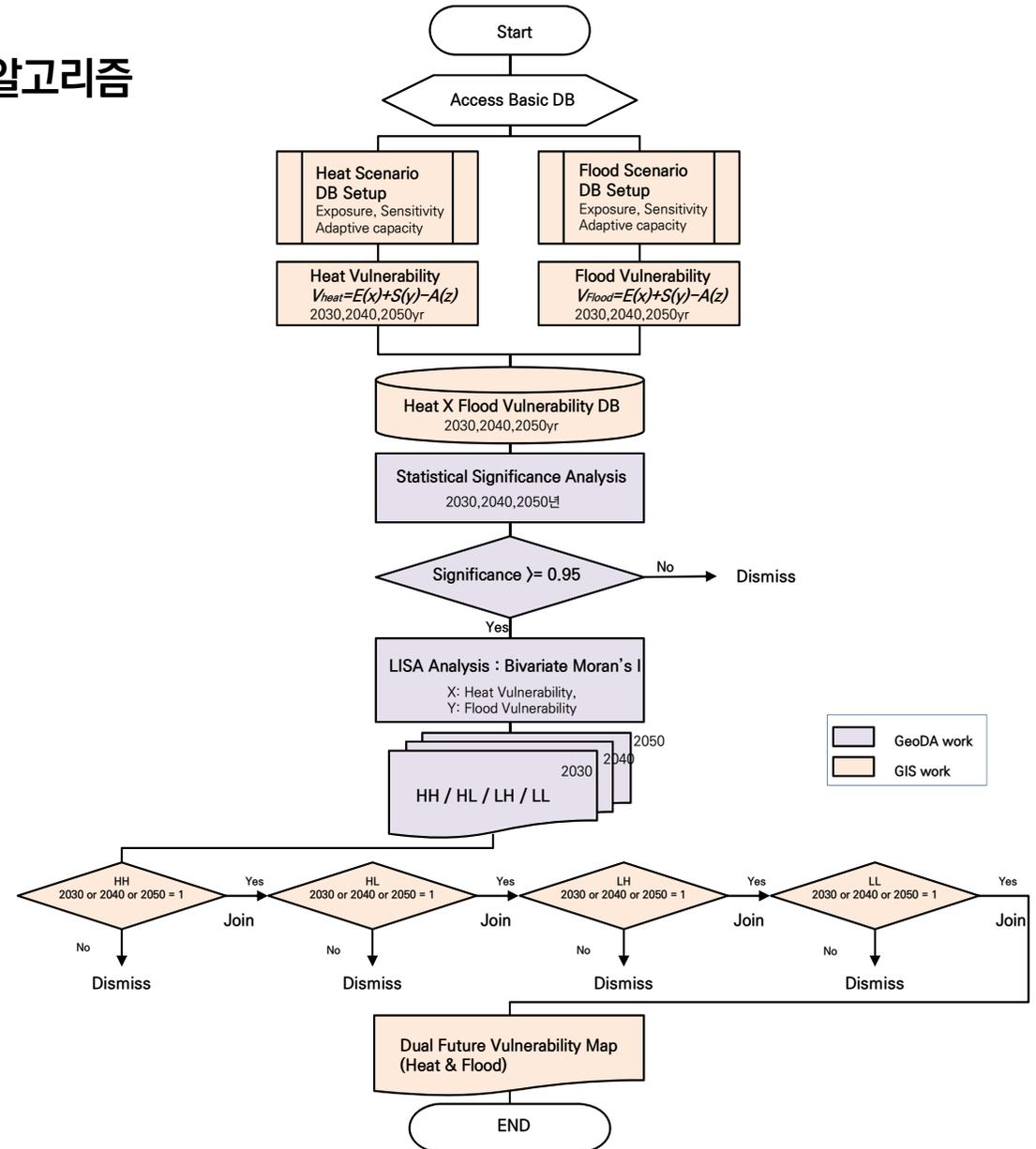
Category	Input data index	Spatial unit	Reference
Climate Impact	Extreme Heat Number of days in April-October maximum temperature above 30°C Sum of insolation from April to October with log values Number of days with a heat index of 32 or higher, Thermal wave persistence index (HWDI) Number of days above 35 °C Feeling temperature	Minimum administrative boundary	VESTAP https://vestap.kei.re.kr
	Extreme Precipitation Maximum precipitation per day 5-day cumulative precipitation (mm) Annual precipitation (mm) Number of days with precipitation of 80 mm/day or higher Number of days with precipitation of 150 mm/day of daily rainfall		
Population	Total population, Productive population, Infant population, Elderly population, Primary school population	100m × 100m Mesh (each 38,523 cells)	National Spatial Information Portal http://www.nsd.go.kr http://map.ngii.go.kr
Buildings	Coverage ratio, FAR, Main structure, Residential Area, Main applications, Ground floors, Underground floors, Year of approval		
Accessibility to community facilities	General Hospital, Emergency medical, Hospital, Public health center, Day care Center, Kindergarden, Elementary School, Neighborhood Park	500m × 500m Mesh	
Economical aspects	Published land prices, Individual house prices	100m × 100m Mesh (each 38,523 cells)	
Geographical aspect	Altitude difference from average elevation		

기초데이터베이스 구축 및 알고리즘 실행

기초데이터베이스 구축과정 및 취약성 진단 알고리즘



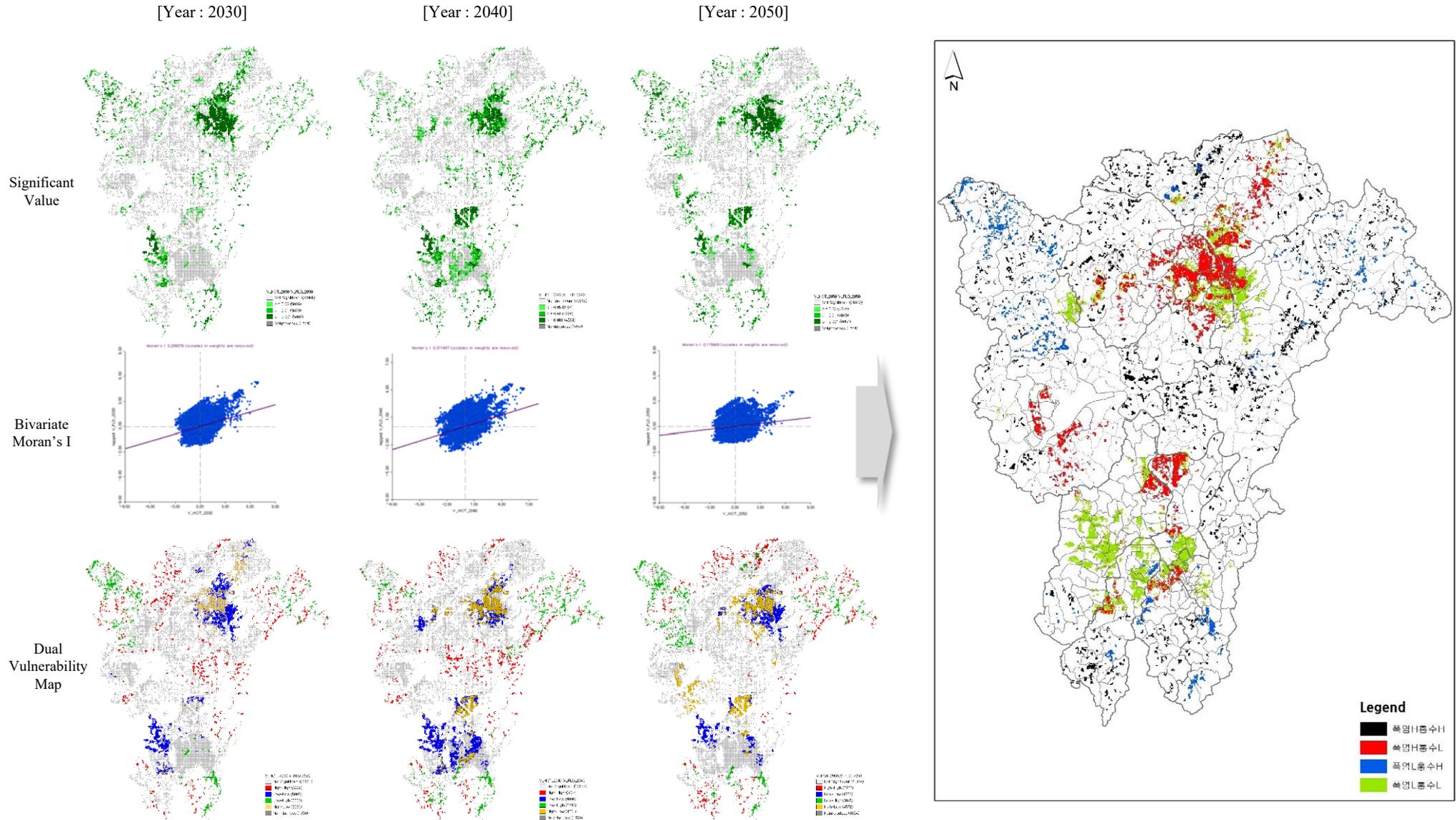
[An Algorithm to setup Basic Database for Vulnerability]



[An Algorithm to make the Dual Future Vulnerability Map]

취약성 분석모형 결과 해석

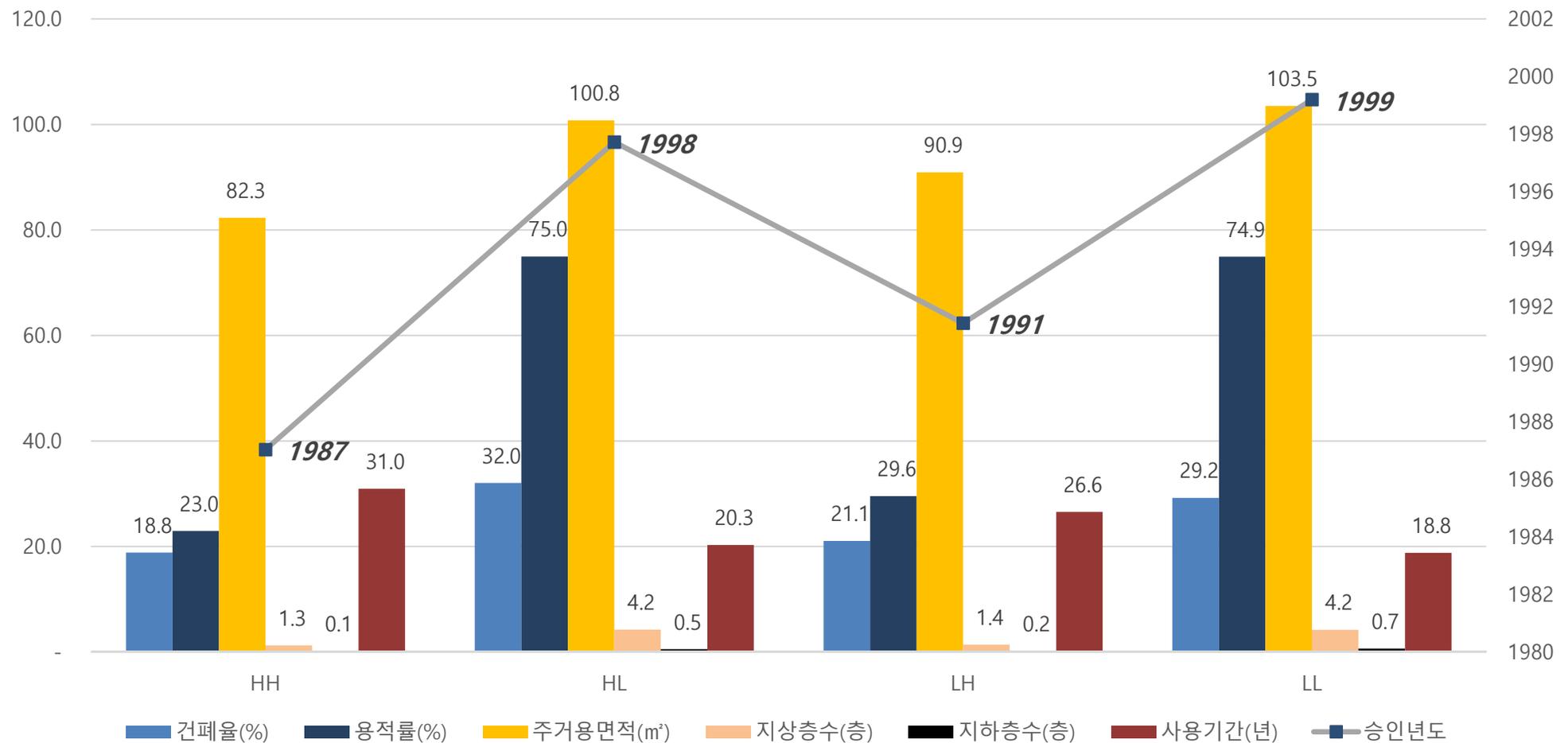
결과 2: 공간통계 검증결과 및 폭염&홍수취약성 분포지도



취약성 분석모형 결과 해석

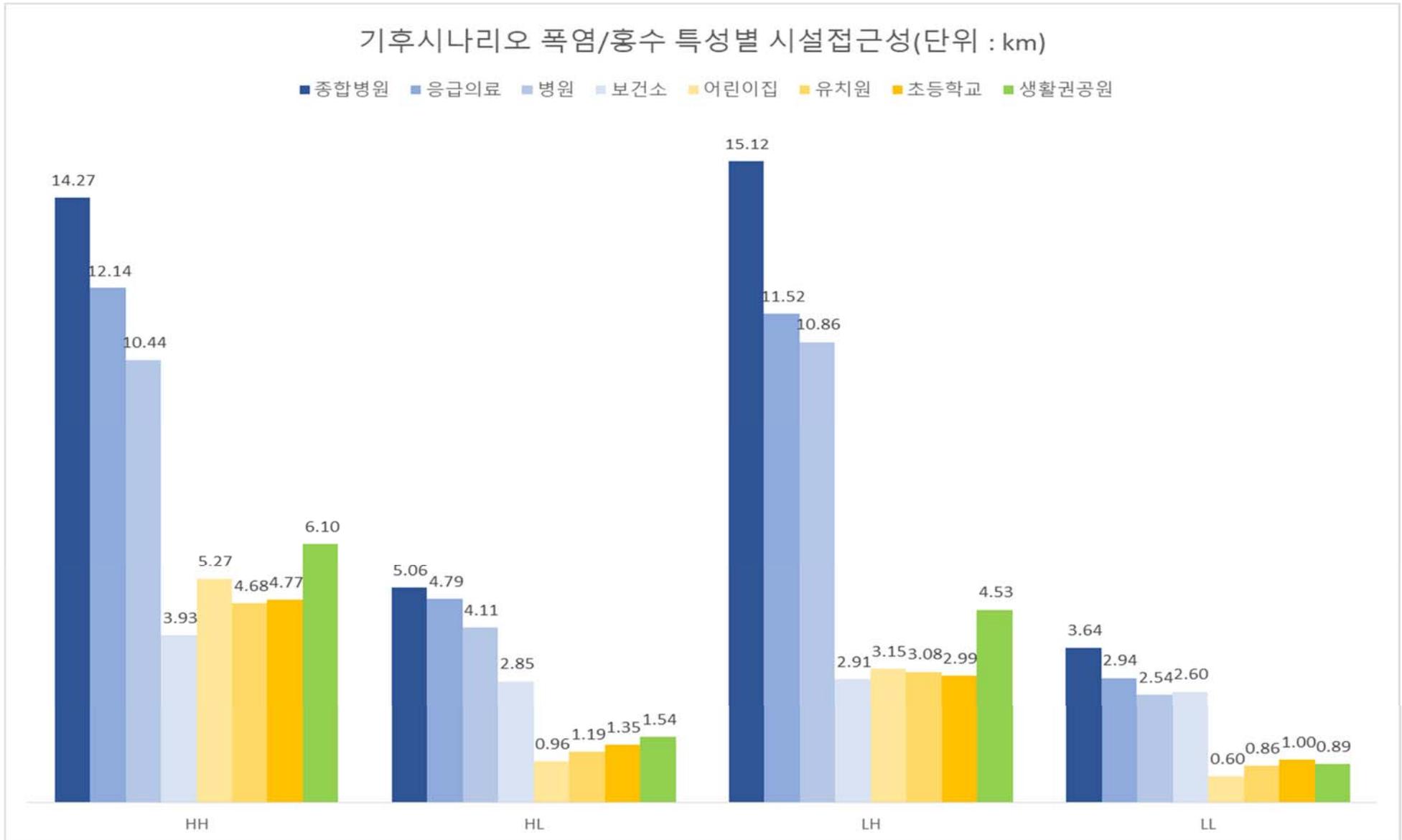
결과 3 : 취약성 유형에 따른 공간특성 분석 (건축물 특성)

기후시나리오 폭염/홍수 특성별 건물 특성



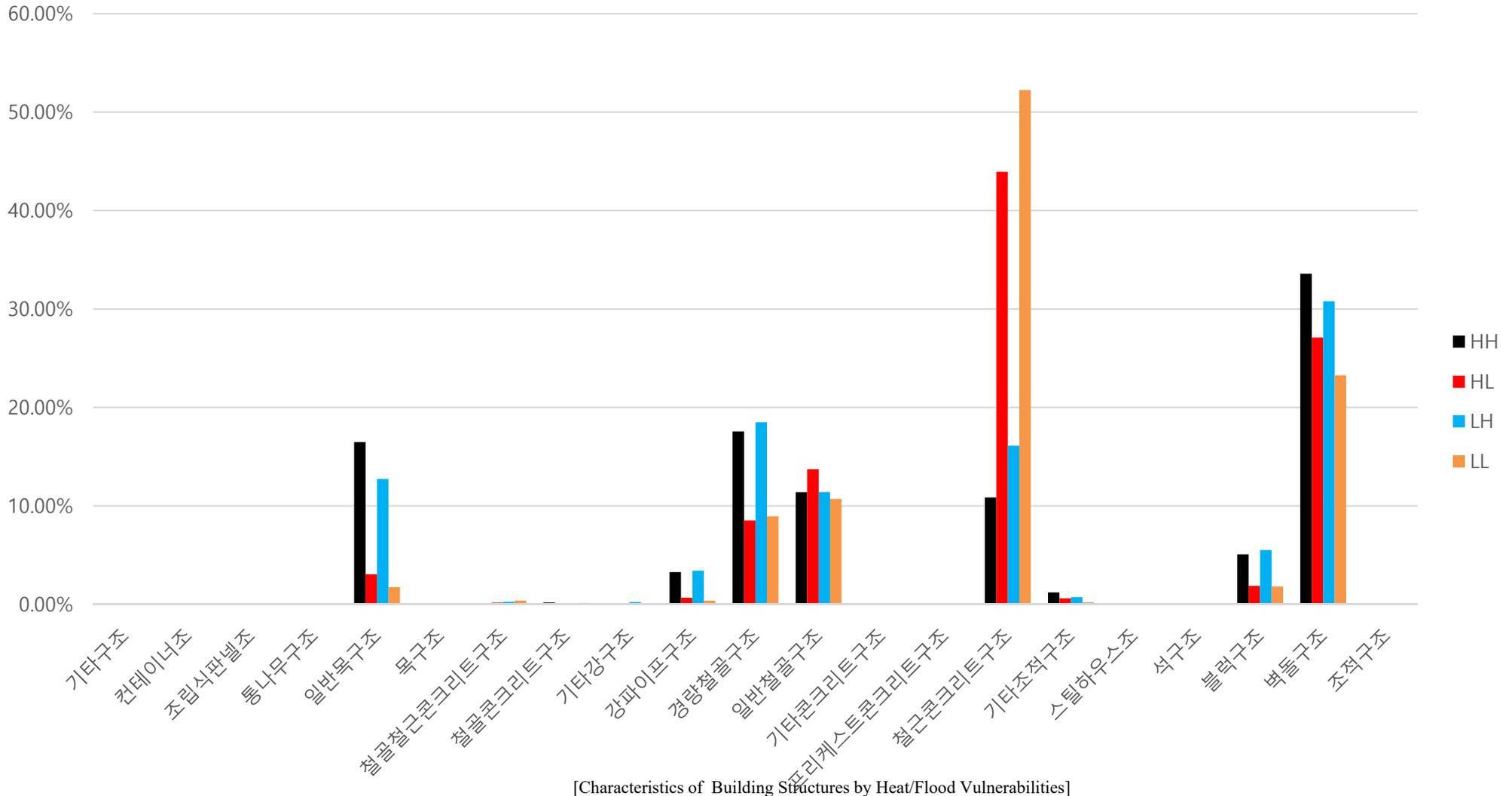
취약성 분석모형 결과 해석

결과 3 : 취약성 유형에 따른 공간특성 분석 (주요시설 접근성)



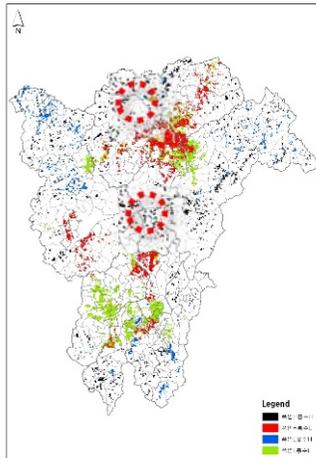
취약성 분석모형 결과 해석

결과 3 : 취약성 유형에 따른 공간특성 분석 (건축구조 특성)

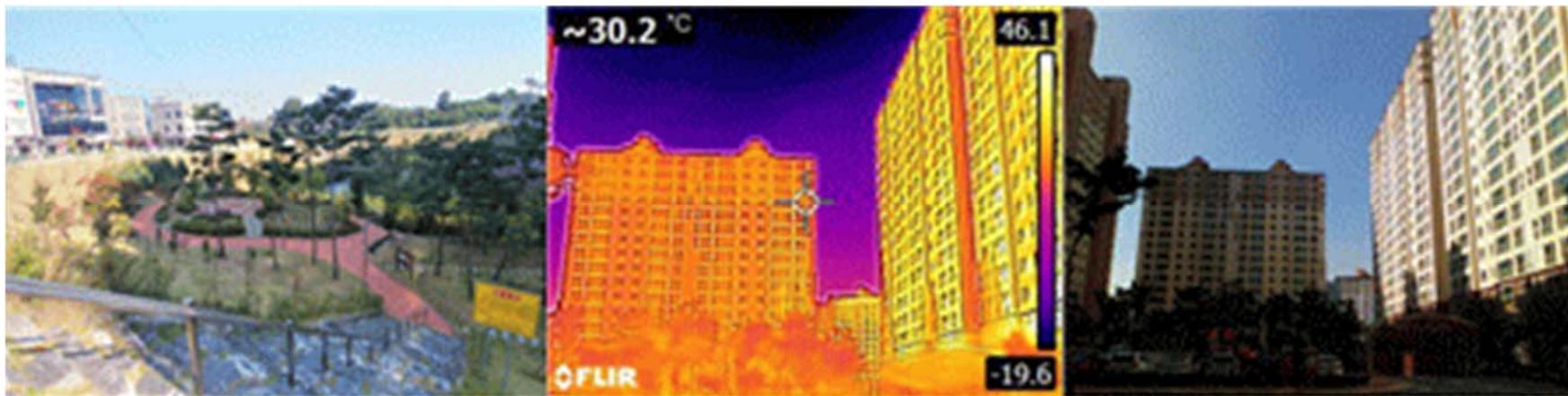


취약성진단 현장실태 조사

폭염&홍수 취약지역 조사 : 세종 부강, 청주 오송

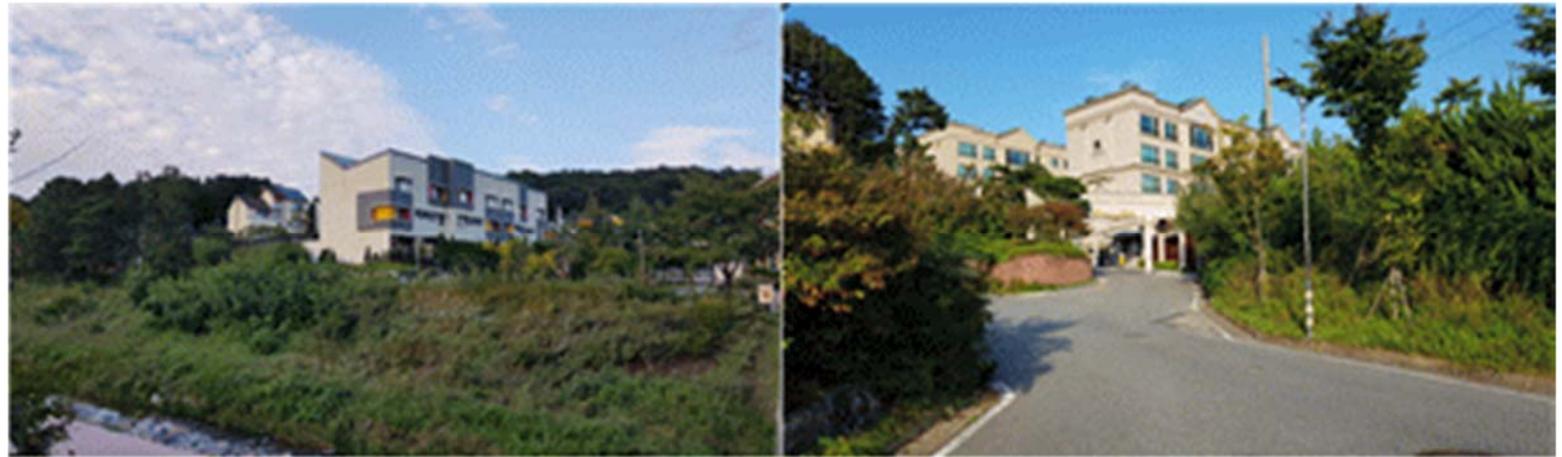
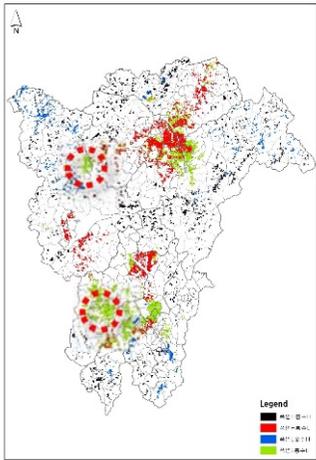


Date / Time : 2019.8.28



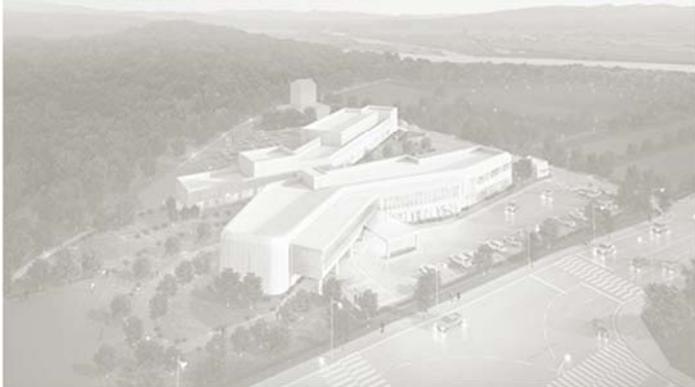
취약성진단 현장실태 조사

양호지역 조사 : 대전 반곡, 세종 조치원



Date / Time : 2019.8.28





04 취약특성에 따른 탄력적 도시설계 적용 방안

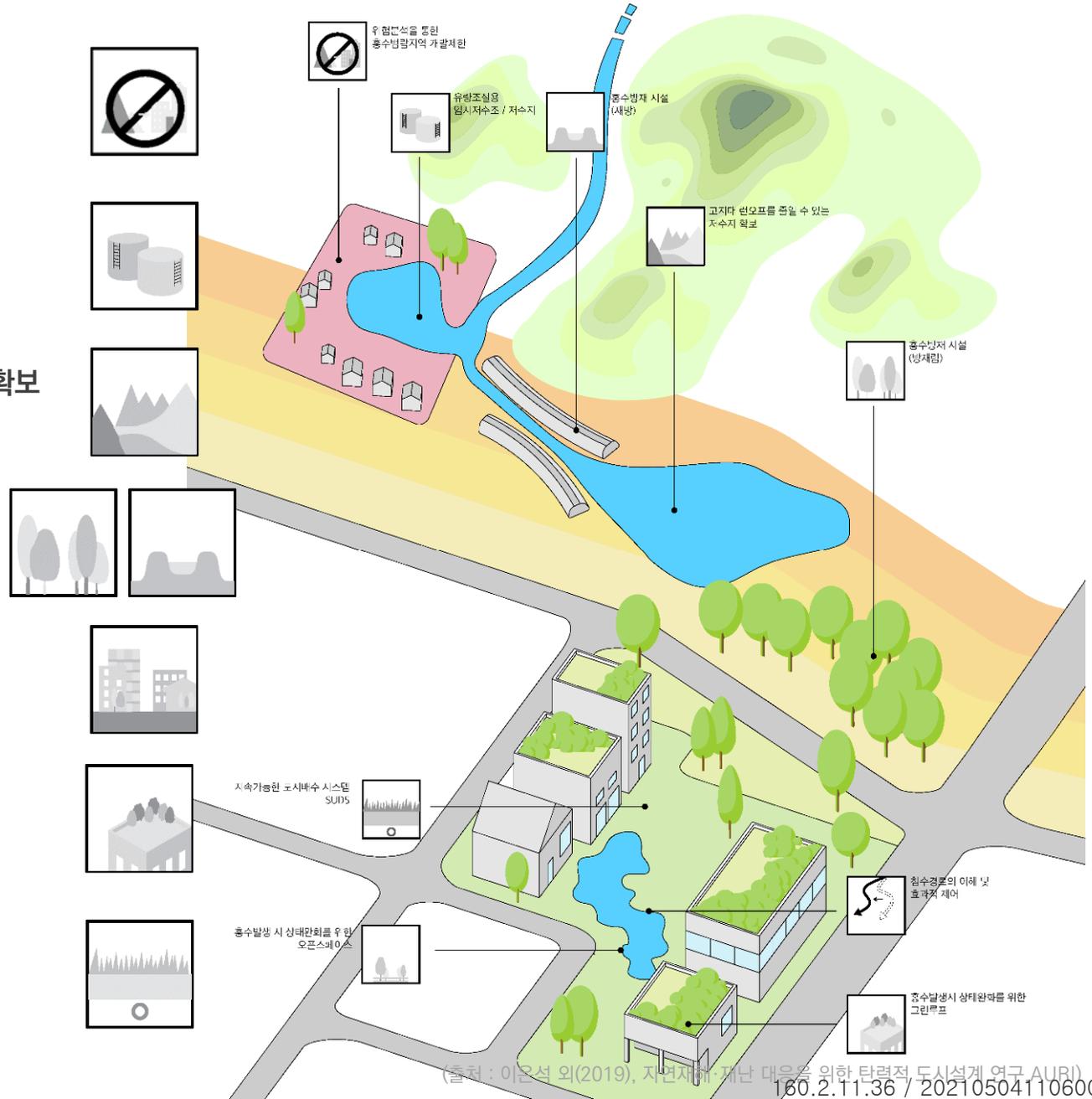
탄력적 도시설계구현을 위한 요소

폭염&홍수 취약성을 고려한 탄력적 도시설계 매트릭스

특성	유형구분	지구규모 (L)	건축물 (B)				
지표	신축:	접근성 (일반병원,보건소)	건축물정보 (건폐율,용적률,지상층,지하층, 주거용면적)				
	탄력성	접근성 (초등학교,유치원,어린이집)					
	생성(D)	접근성 (생활권공원)					
	기존:	접근성 (보건소)					
지표	탄력성	접근성 (어린이집)	건축물정보 (건폐율,용적률,지상층,주거용면적, 사용연한)				
	개선(R)	접근성 (생활권공원)					
	폭염(H)	<ul style="list-style-type: none"> 도시구조 활용 일사량 조절 도시구조 활용 바람길 조절 그린인프라보급 : 소규모 녹지, 가로수, 옥상녹화, 벽면녹화의 네트워크화 블루네트워크구축: 연못, 생태수로, 수영장, 분수, 쿨링포그 등의 네트워크화 차열성 도로포장재,건축 외장재 사용 쿨 루프 지구단위 적용 		<ul style="list-style-type: none"> 조경식재 그림자 활용 열 차단 효율이 높은 창호 사용 벽·옥상 외장재 반사율 향상 및 이중외피, 벽면·옥상녹화 설계 반영 빗물 저장 뒤 폭염 시 건물 벽면 분사 개구부로부터 외부열의 유입 차단 지열과 히트펌프를 결합한 시스템 적용 루버와 차양 설치로 직사광선의 유입 최소화 열 완충공간으로 발코니 확보 외부 열기 차단된 외부 공기유입으로 실내 미기후 조절 공기 순환시스템 적용 			
		설계			<ul style="list-style-type: none"> 홍수영향범위의 공간데이터로 축적 과거 홍수피해 정보와 미래예측정보를 공간정보로 구축해 개발제한의 근거로 활용 도로와 공공공지를 활용해 홍수의 흐름과 유량, 속도를 제어용 임시 저류시설 설치 상류지역은 불투수포장면을 최소화 하고 분산형 빗물 관리시스템 적용 폭우시 하류의 지표수 유출량 최소화 및 침투유량을 상류지역과 연계 제어 녹지를 집중호우시 지표수가 집중되는 곳에 배치해 자연적 재방 및 방재림의 기능 확보 노후·취약지역의 폭우시 피해 최소화를 위한 지속가능 도시배수시스템 적용 		<ul style="list-style-type: none"> 배수관 역류 차단용 원웨이 밸브 설치 지하층 진입구 차수판 설치 빗물 체류기능 확보를 위한 옥상녹화 설치 빗물 저류조 활용 유출량 제어 벽면 침수방지 보드, 에어브릭 등 외벽시공 상습침수지역 또는 홍수취약성이 높은 지역에 건축시 지하층 개발을 규제,1층 필로티 유도 지면 이하 문 또는 창문 설치 규제 기계 및 전기설비실의 옥상 또는 상층부 배치 대지외부에서 빗물이 유입되는 위치를 사전에 파악해 조경공간 및 지하저류조 설치 외벽에 접착제를 사용해 외장재를 부착하는 시공법을 규제
홍수(F)							

홍수취약지의 탄력적 도시설계 전략

1. 위험분석을 통한 홍수 범람지역에 대한 개발제한
2. 홍수발생시 물의 속도와 유량을 조절할 수 있는 임시 저수조 확보
3. 고지대에 지표수 유출을 줄여줄 수 있는 저류지 확보
4. 자연적 또는 인공적인 홍수방재 시설 확보
5. 도시환경 내에서 침수경로를 이해하고 위험지역을 침수경로와 겹치지 않도록 구조 배치
6. 홍수발생시 상태를 완화시켜 줄 수 있는 오픈 스페이스 또는 그린루프의 도입
7. 지속가능한 도시배수 시스템(SUDS) 도입

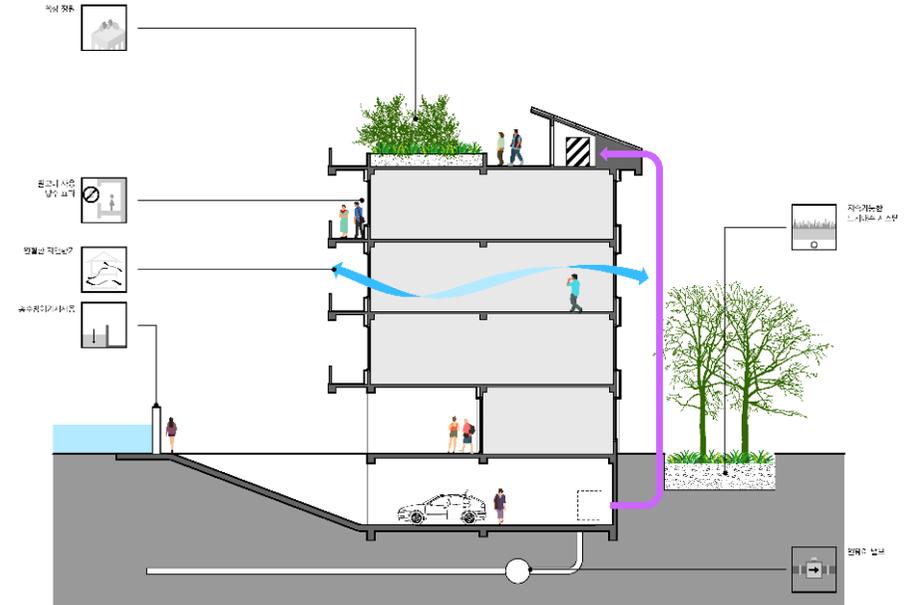


홍수취약지역의 탄력적 건축설계 전략

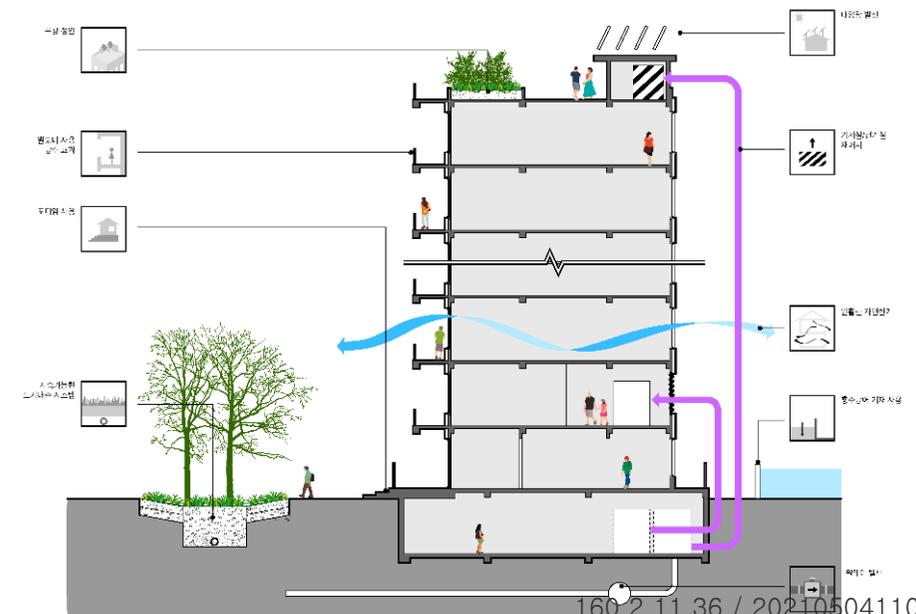
1. 옥상녹화
2. 침수경로의 제어
3. 역류방지를 위한 우수관 원웨이 밸브 사용
4. 지하 및 저층부, 전기시설 및 기계실 위치 상향
5. 창문 및 개구부의 방수와 차양 또는 발코니 설치
6. 홍수대비 가설 벽체 설치
7. 침수에 강한 건축재료 사용
8. 1층 필로티 구조 적용



기초단위 설계 전략 - 강변도시형
홍수 (중소형 건물)

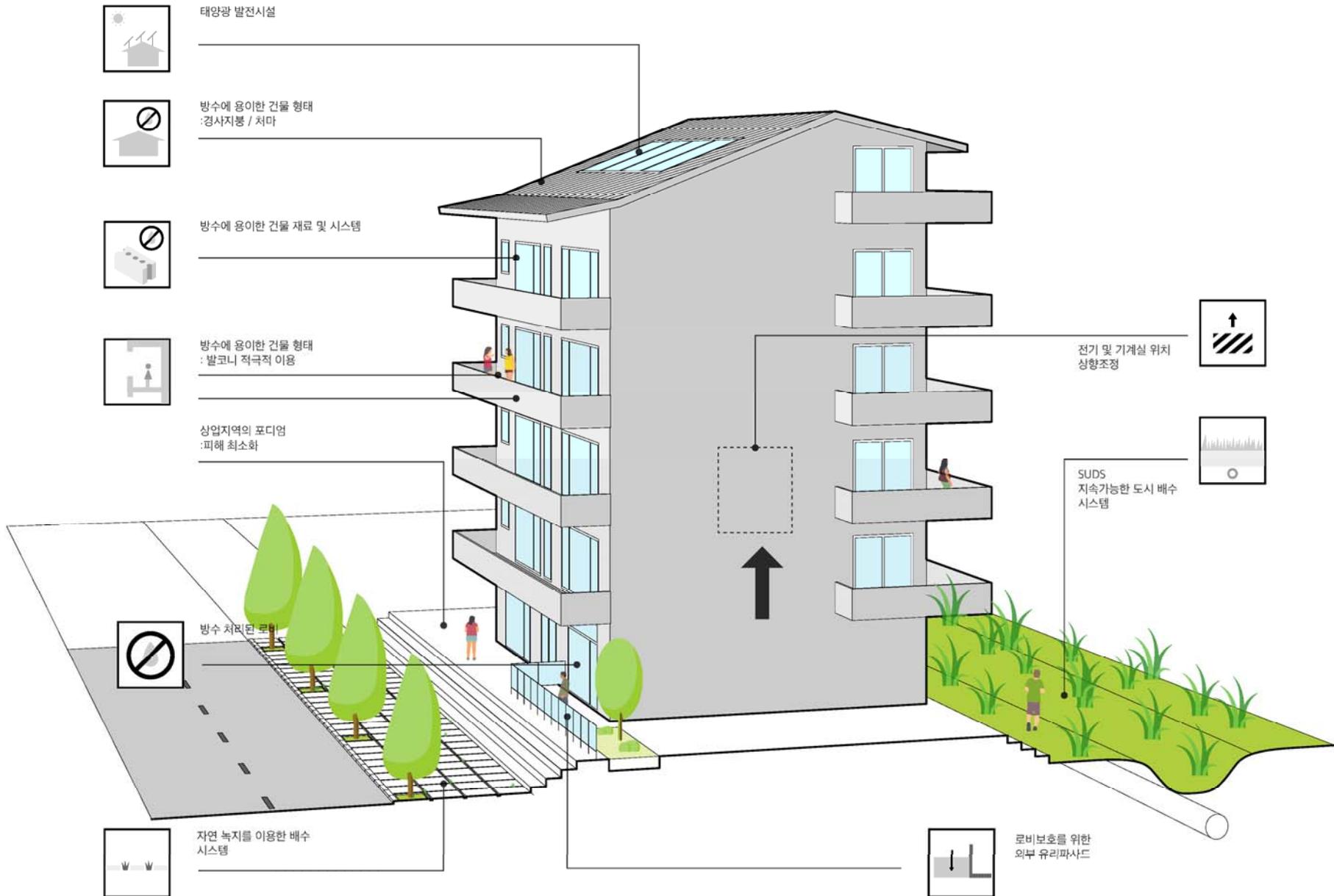


기초단위 설계 전략 - 강변도시형
홍수 (중형 건물 이상)

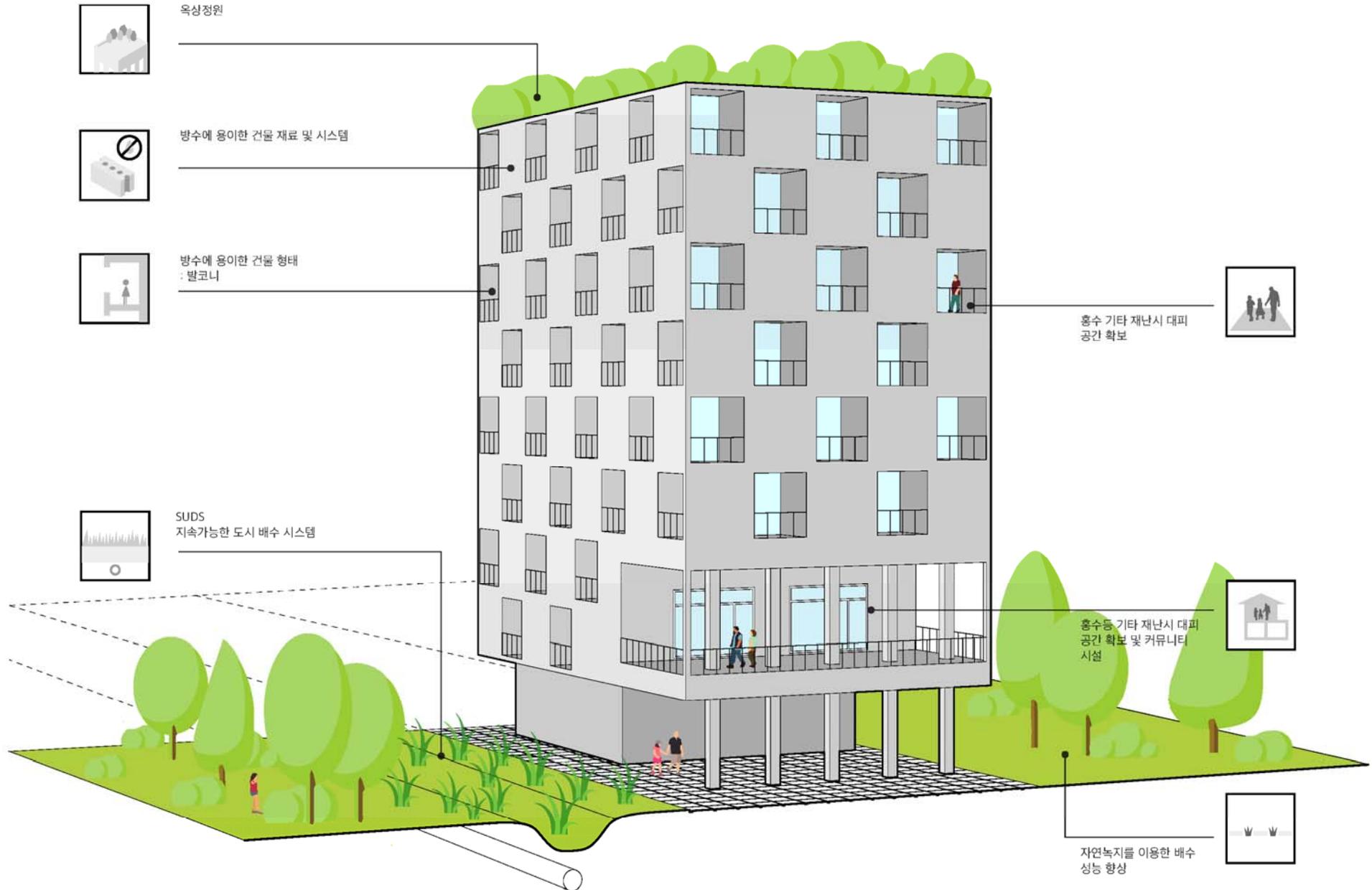


(출처 : 이은석 외(2019), 자연재해·재난 대응을 위한 탄력적 도시설계 연구,AURI)

기후변화 홍수 대응 건축대안 : 저층형

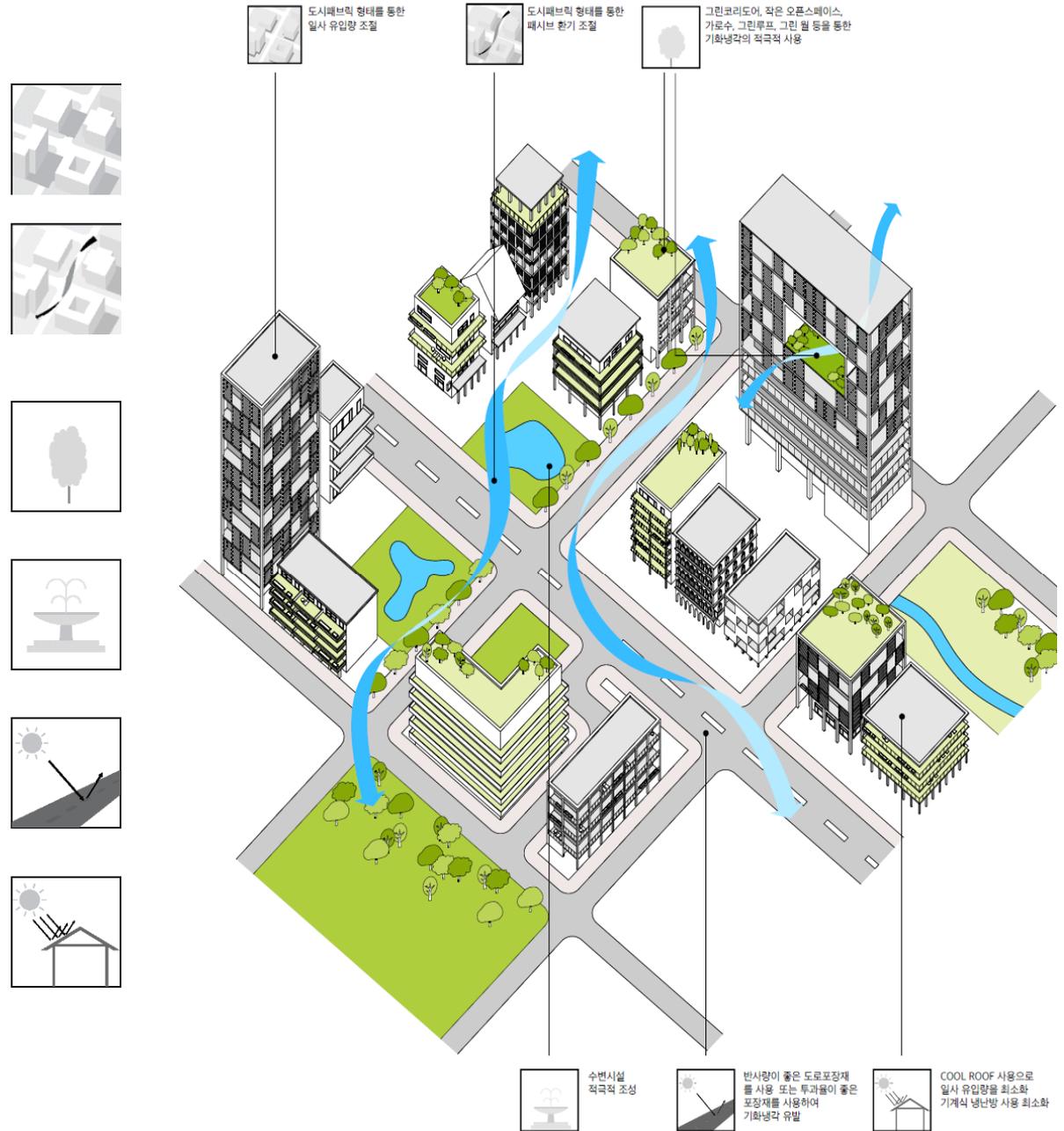


기후변화 홍수 대응 건축대안 : 중층형



폭염취약지의 탄력적 도시설계 전략

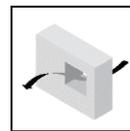
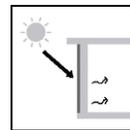
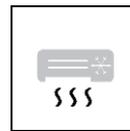
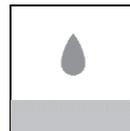
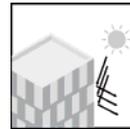
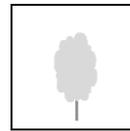
1. 도시구조 형태를 고려한 일사유입량 조절
2. 도시구조 형태를 통한 자연 환기 조절
3. 녹지축, 소형 녹지, 가로수, 옥상녹화, 벽면녹화 등을 통한 기화냉각의 적극적 사용
4. 수변시설의 적극적 조성
5. 반사율이 좋은 도로포장재를 사용
투과율이 좋은 포장재를 사용하여 기화냉각 유발
6. 쿨루프 사용으로 태양열의 유입량을 최소화하고
기계식 냉난방 사용 최소화



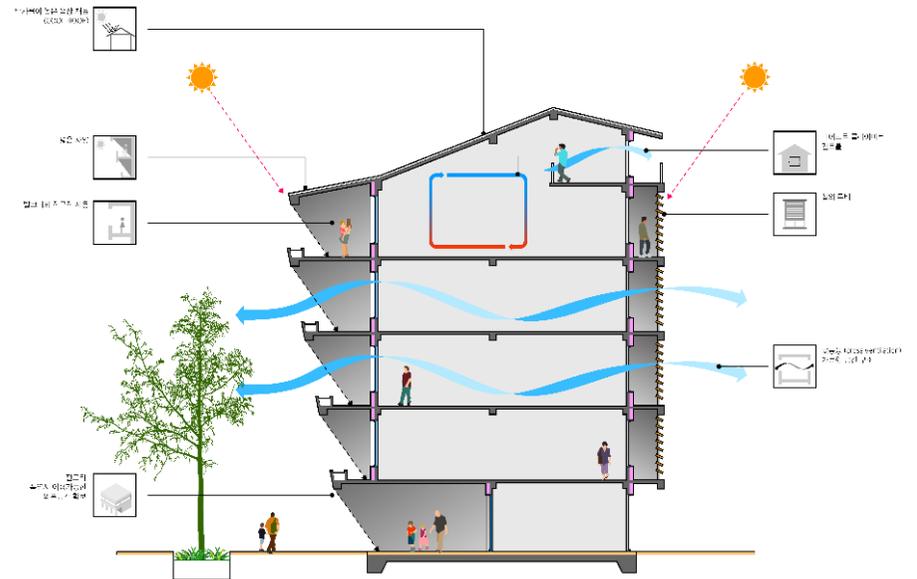
(출처 : 이은석 외(2019), 자연재해·재난 대응을 위한 탄력적 도시설계 연구,AURI)

폭염취약지역의 탄력적 건축설계 전략

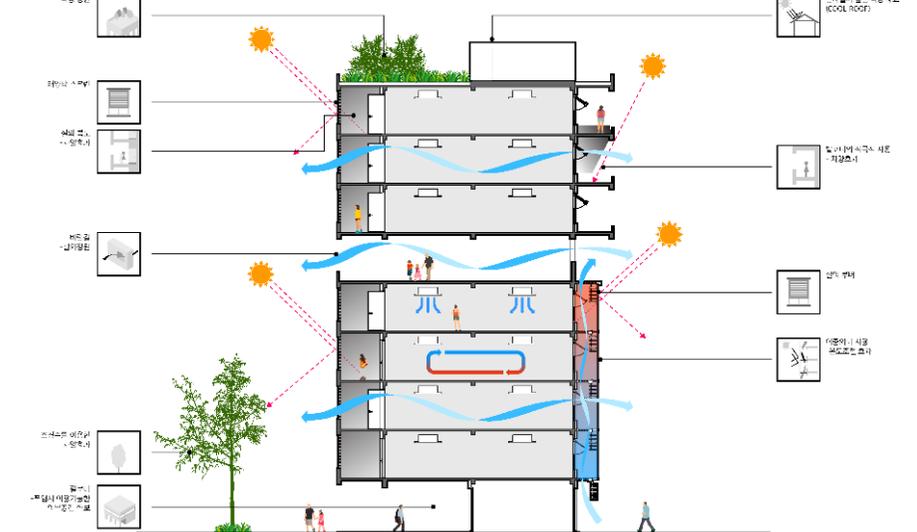
1. 식재, 그림자, 단열효율 높은 유리재료의 사용
2. 벽체 단열 강화
3. 물을 이용한 냉각의 혁신적 사용
4. 기존방식의 냉각시설 병행 활용
5. 지열, 외부공기를 이용, 환기를 통한 온도조절
6. 외벽 등을 이용한 방열시설 활용
7. 건물의 형태를 이용한 차양, 환기



폭염 (중소형 건물)



폭염 (중형 건물 이상)

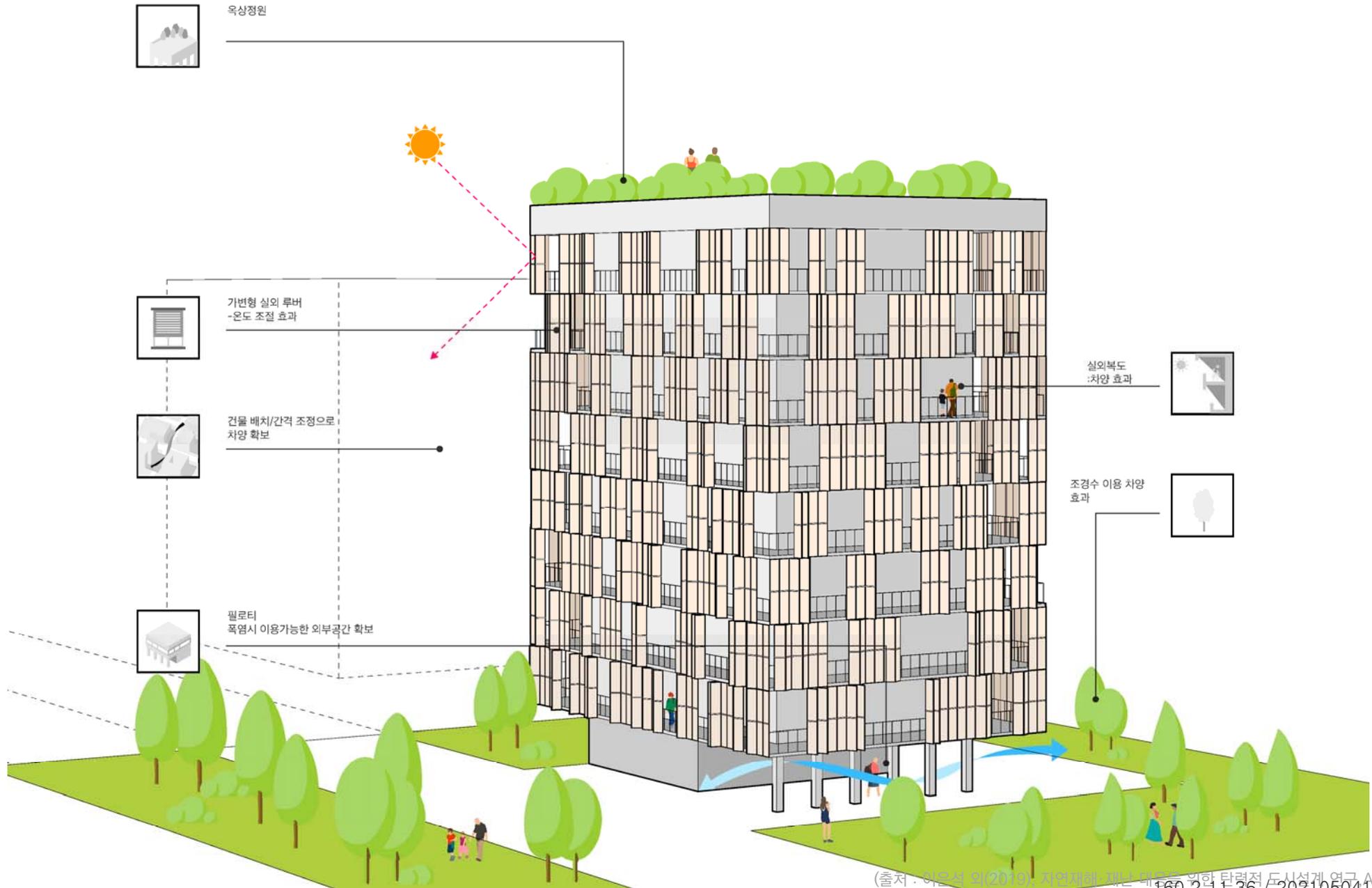


(출처 : 이은석 외(2019), 자연재해·재난 대응을 위한 탄력적 도시설계 연구,AURI)

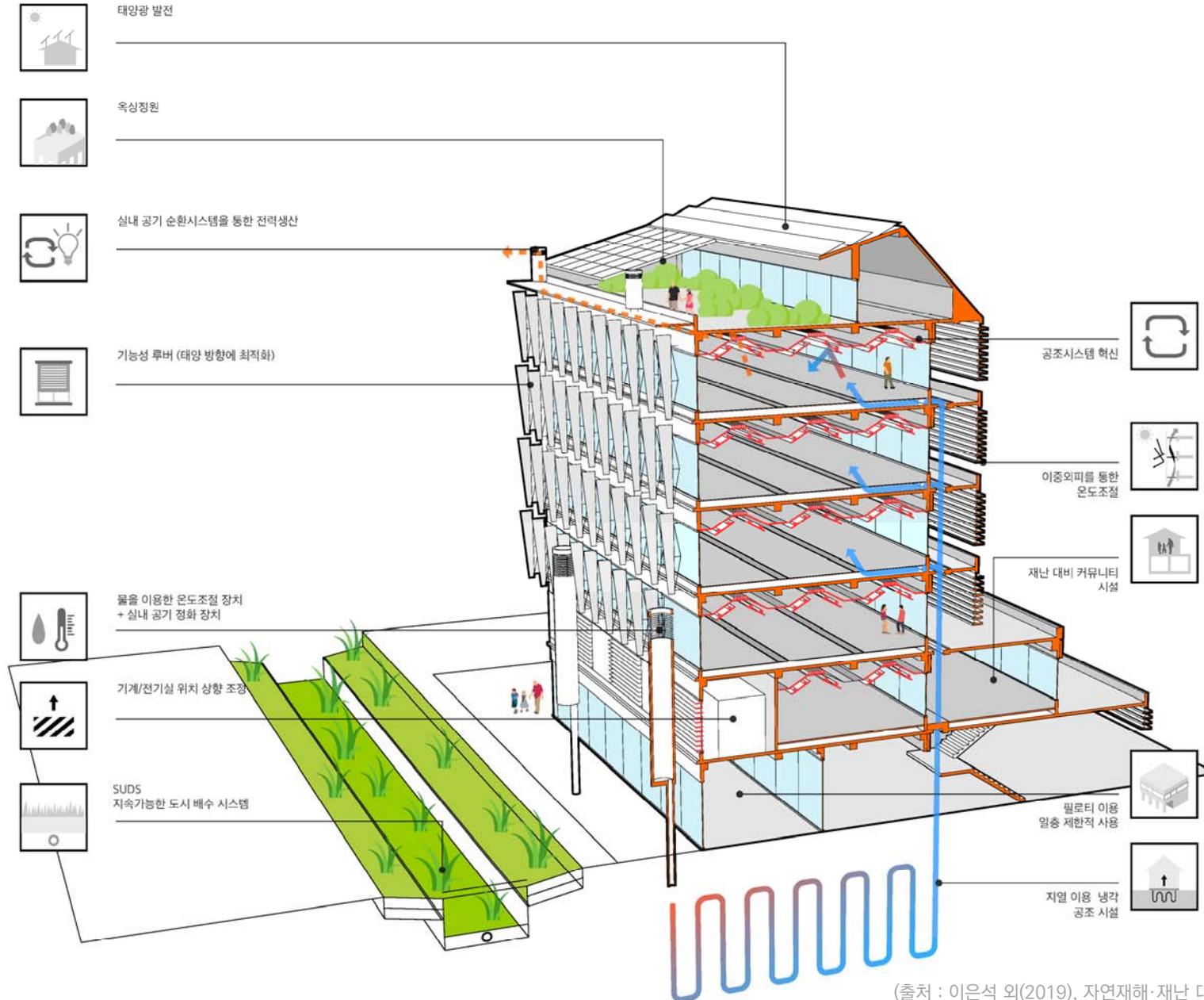
기후변화 폭염 대응 건축대안 : 발코니 특화형



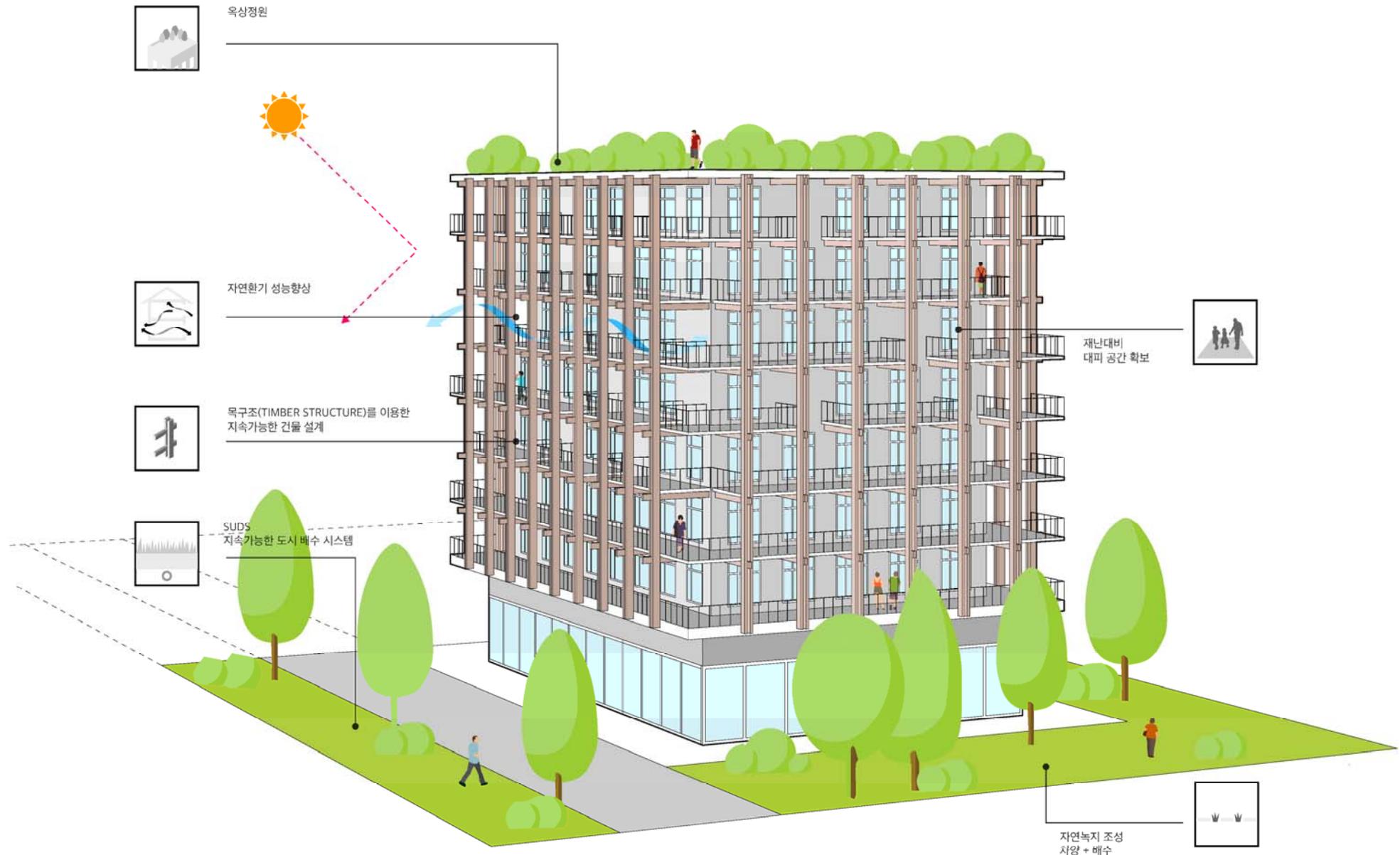
기후변화 폭염 대응 건축대안 : 루버 특화형



기후변화 대응 건축대안 : 폭염, 홍수 복합대응형

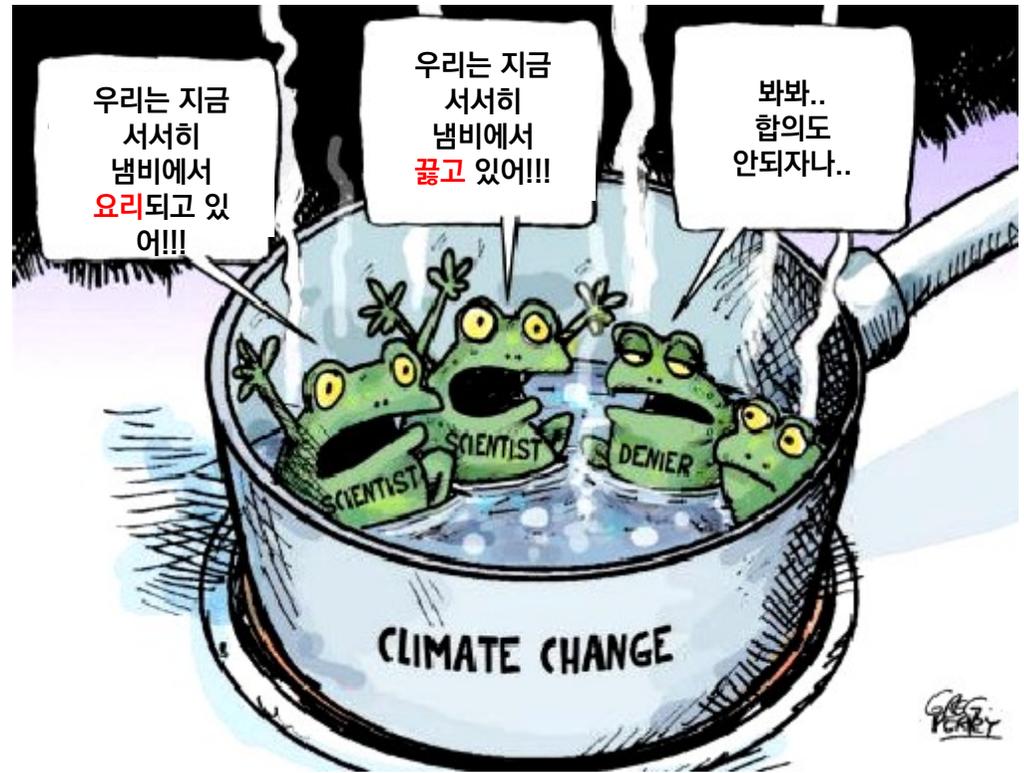
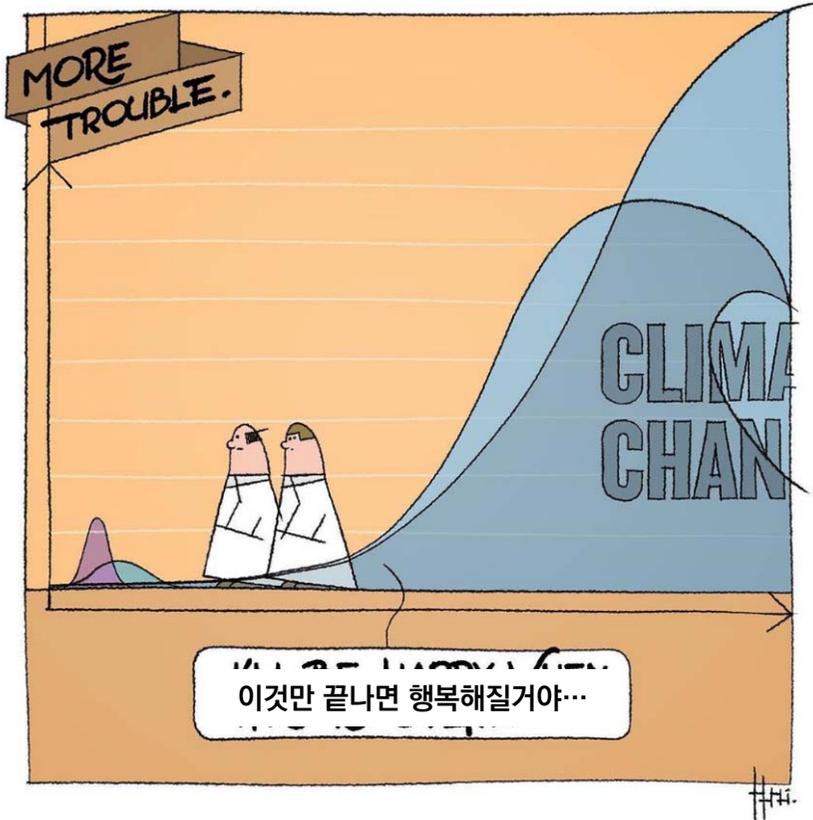


기후변화 대응 건축대안 : 취약지역 외 지구온난화 대응형



탄소중립 도시 커뮤니티 구현을 위한 거버넌스 프레임





경청해 주셔서 감사합니다.

기후변화 적응기술 및 사례

- 기후탄력적 도시인프라 조성 : 열환경개선·취약계층 보호-

※ 본 자료의 인용 및 활용 시 출처 명시 바람

2021.5.11(화), 김대중컨벤션센터

한국환경정책·평가연구원 국가기후변화적응센터

임 영 신 (yslim@kei.re.kr/044-415-7749)

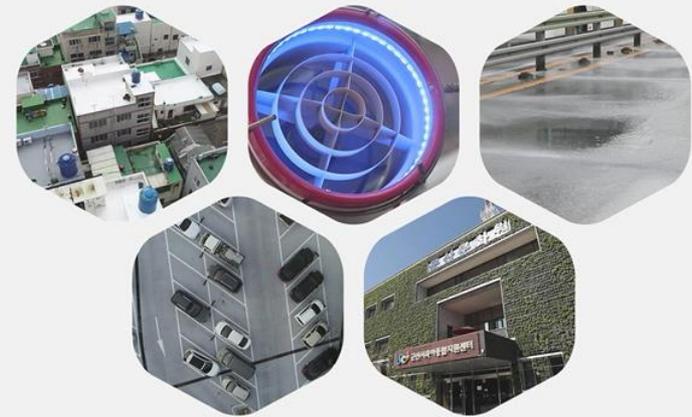
CONTENTS

I . KACCC 적응사업 지원

II . 폭염대응 및 취약계층 사업모델

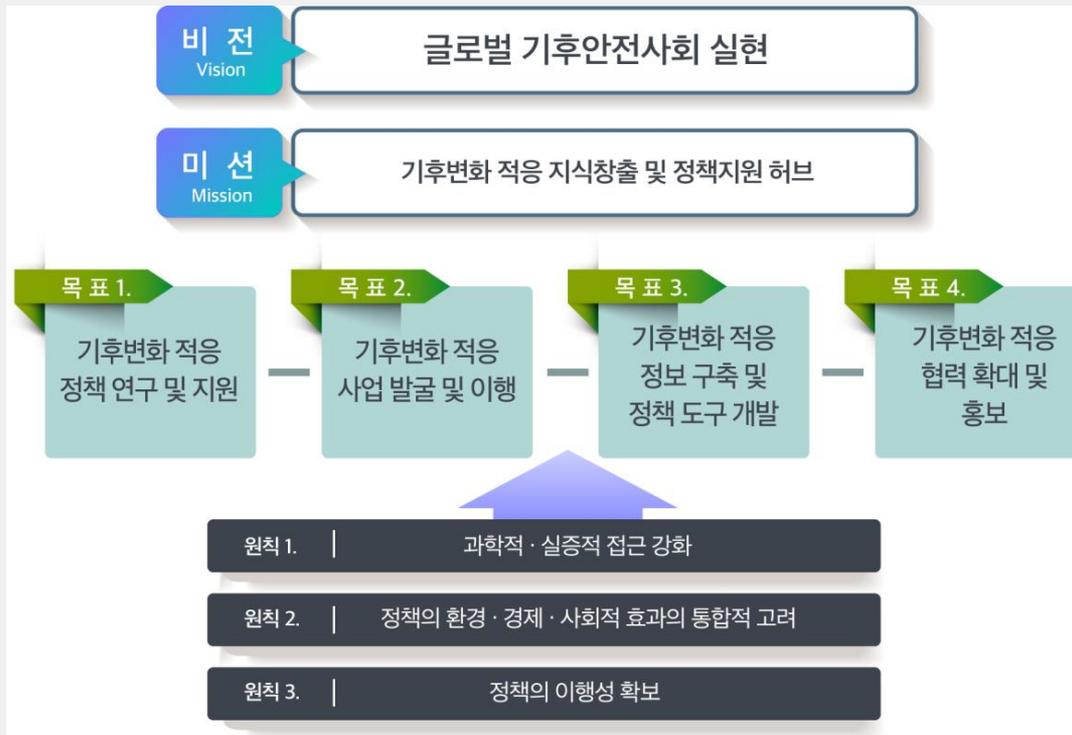
III . 발전방안

기후변화 적응사업



국가기후변화적응센터(KACCC) 소개

- [목적] 국가 적응대책의 수립 및 시행, 기후변화 적응에 대한 전략적 연구 및 정책지원 수행
- [근거] 대기환경보전법 제9조의2(국가기후변화적응센터 지정 및 평가 등) 및 동법 시행령 제2조의 2
- [연혁] 2009.7.1 환경부 훈령 근거 KEI에 설립, 지정 운영 중



(설립 : 2009.7.1)

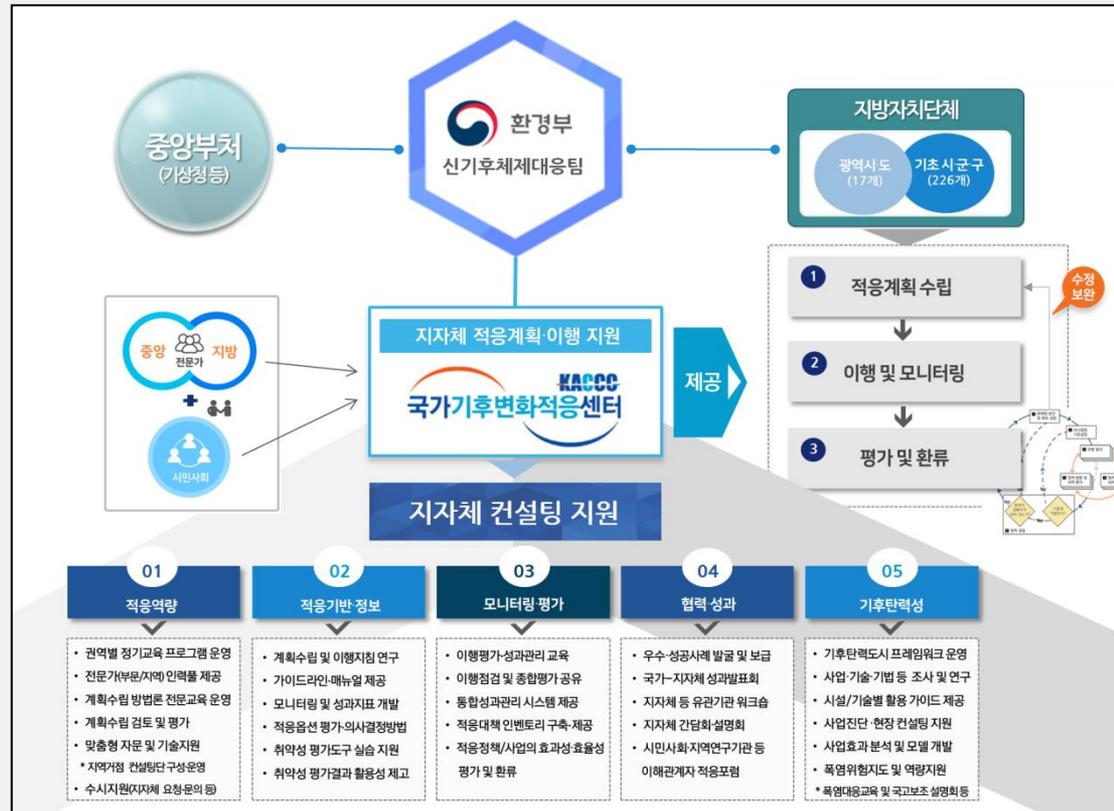
환경부·KACCC : 지자체 적응 지원기능 · 역할

- 기후변화로 위험 및 취약성에 적응하는데 있어 지자체의 역할과 책임은 중요함
⇒ 변화하는 기후·환경에 지역특성·유형을 고려한 적응조치 촉진 및 주류화 기반 강화 필요
- (환경부, 적응센터) 효과적으로 적응계획을 수립·이행하고 지역사회 적응역량 강화를 위해 지원
⇒ 적응인식 강화, 적응이행 촉진·성과확산, 협력·소통, 관련정보 및 연구, 선도사업화 등 다각적 추진

추진 방향

- 적응역량 확장·이행강화 지원
- 국가-지역 소통·협력 상생추구
- 적응 변화선도·적응 가치창출

- 적응대책 수립·이행의 체계적·전문적 지원
- 적응 이행목표 및 성과관리 강화 지원
- 모니터링 및 제도기반 구축·정비
- 선도사업 모델 창출 및 성과확산·촉진
- 국가-지자체 적응 네트워크 강화



I. KACCC 적응사업

▶ 추진배경 및 필요성

지역사회 "폭염·도시열섬 대응 모델" 지속확대·구축

- 2018년 전국 폭염영향 장기화로 지역 곳곳에서 인적*/물적(가축, 농축수산물 등) 피해 심화
 - * [5.20~9.10] 온열질환자 4,526명 (평균: 1059명 → '16년: 2125명, '17년: 1,574명)
 - 사망자 48명 (평균: 11명 → '16년: 17명, '17년: 11명)
- 한반도 평균 온도는 세계 평균 대비 2배 빠르게 증가*, 폭염일수도 지속 증가** 중
 - * 전지구 연평균기온(1880~2012): +0.85℃, 한반도 연평균기온(1912~2010): +1.8℃
 - 여름철 평균기온: 1910년 22.5℃ → 2016년 24.4℃, 100여년 만에 1.9℃ 상승
 - ** 평균 폭염일수 : ('80년대) 8.2일 → ('90~'00년대) 10.9일 → ('10년대) 13.5일
- 그간의 현안대응 중심*에서 기후변화 적응 관점으로 장기적·종합적 접근 체계** 필요
 - * 취약계층 물품지원 및 방문건강관리, 감시체계 운영, 무더위 쉼터운영 및 행동요령 전파 등 비물리적 대응 중심
 - ** 폭염 장기화 전망에 따른 맞춤형 취약성 접근(Software)과 실질적 온도저감을 위한 인프라 개선사업(Hardware) 강화

도시·지역의 건조환경 및 인공포장 등에 폭염대응 기술·사업 적용,
온도 저감·열 쾌적성 증진 → 기후안전환경 조성 및 냉방에너지 저감

폭염 대응 시범사업

쿨루프



쿨페이브먼트



벽면녹화



쿨링 포그



오후 2시께 서울 중구 해방촌 건물들이 햇빛에 달구져 50.8도까지 올랐다. 오전 11시께 서울 여의도 한강공원 자전거도로 표면 온도가 53.9도를 가리키고 있다. 오후 2시께 서울 은평구 돈의동 쪽방촌 골목길에서 한 주민이 더위를 식히고 있다. 살내가 너무 더워 골목길에 나왔지만, 주변 건물은 40도가 넘는 열을 내놓고 있다.

I. KACCC 적응사업

▶ 배경 및 필요성

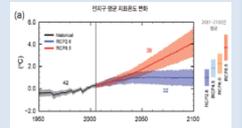
☑ 기후위기 대응 취약계층/지역의 안전한 기후·환경 조성을 위한 맞춤형 지원 필요(단기→중장기적 대책)

- 취약계층 이용시설/지역의 특성을 고려한 인프라개선으로 기후친화형 공간조성·관리 유도
- 폭염대응시설 증가 반면 국내 적정 성능확보 및 설치·관리 방법·기준 부재로 신뢰성 미흡

☑ 폭염, 한파·폭설 등 이상기후 증가로 취약계층의 피해 예방에 적극적인 지원 필요

- 폭염 취약계층 대상 실내 열 환경 개선을 위한 쿨링설비 등 직접적 지원 확대
- 이외 한파, 폭설 등에 따른 중점 취약대상과 사각지대 발굴로 기후복지 증진 필요

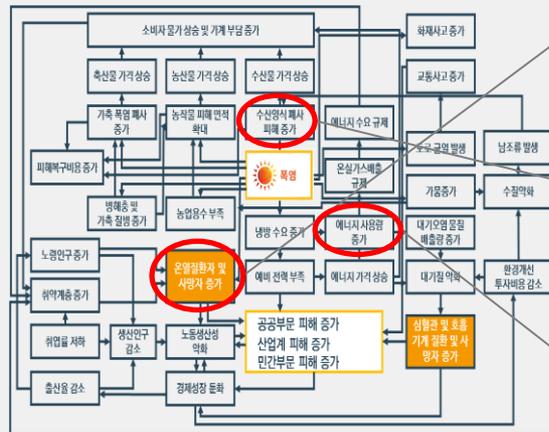
- (국내) '94년 폭염일수 27.5일 및 '18년 29.2일, 20년간 폭염 및 열대야 일수에서 '10년대 급증(↑상향 '18.08.17)
- (국외) 한반도 평균온도, 지구 평균 대비 2배 수준증가 및 21세기말 폭염일수 등 고온관련 극한지수 증가예상(FCC, 5차보고서2014)



국내현황

- 폭염에 대한 위험 및 대책 방안에 대한 국민적 수요 증가
- 재난 수준의 폭염으로 수요자 맞춤형 대응 방안 나와야, ('18.8.1. 교통방송)
- 폭염 영향 사람마다 제각각...시간/ 장소별 구체적 위험 알려야, ('18.8.29. 연합뉴스)

폭염의 복합적 영향(예시)



건강분야

- '18년도 온열질환 전년 대비 2,952명 증가

농수산분야

- '17년 대비 저수온 양식어류 500여만마리 폐사 및 단기소득임산물 피해 품목 및 면적 증가

에너지분야

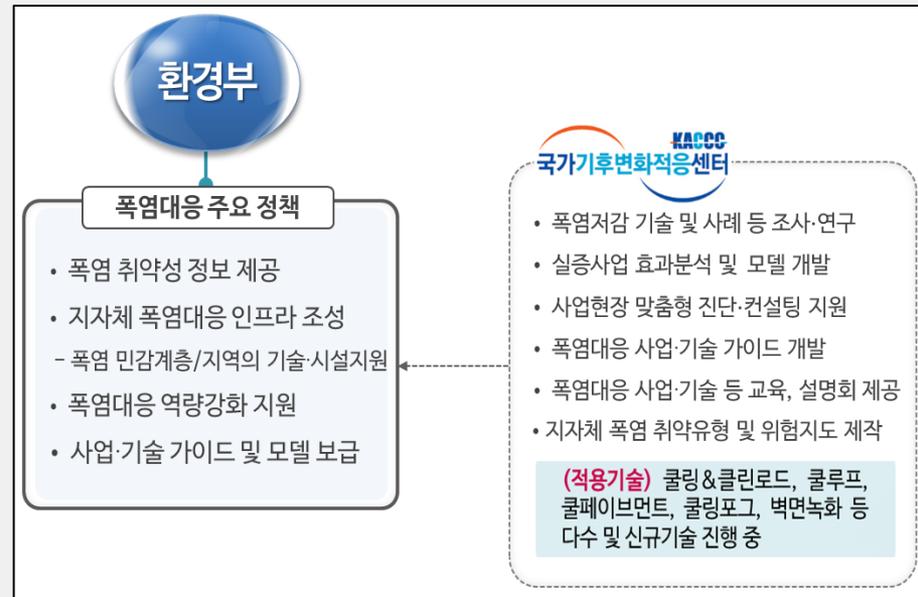
- '11년 전국적 폭염에 의한 전력사용 전국 정전
- '17년 대비 820.2만 kW 등 전력수요 증가

I. KACCC 적응사업

▶ 지원 목적 및 기능

☑ 폭염으로 인한 위험 및 취약성에 지자체가 효과적으로 대처·관리하기 위하여 폭염저감을 위한 조성기법 및 요소기술을 통한 인프라조성 지원과 컨설팅 제공 등 지역사회 폭염 적응력 향상 및 관련산업 발전 유도

- 폭염위험지도 제작 및 보급
- 폭염저감 사업·기술 등 조사·연구 및 기획
- 지자체 대상 폭염대응 교육 및 설명회
- 폭염대응시설/기술 등 설치·관리 실무가이드 제작 및 보급
- 적응 선도사업 및 취약성 개선사업 시범지역 맞춤형 진단 및 컨설팅
- 시범사업 현장 모니터링(측정/체감만족도) 및 시뮬레이션 등 사업효과 검증 및 분석
- 시범사업 실증기반 표준모델 발굴 및 확산
- 추진성과 홍보 영상물 제작·보급
- 연차별 성과발표회(우수지역 시상) 개최



〈 국가기후변화적응센터 지자체 폭염대응 지원기능〉

I. KACCC 적응사업

▶ 주요 지원사항

☑ 지자체 폭염대응 역량강화 지원(교육 및 설명회 등)

○ 지자체 적응대책 역량강화 정기교육('16~)

- 교육 프로그램 내 “지자체 활용을 위한 적응대책기술 사례” 과목을 제공하여 폭염 한파 집중호우, 미세먼지 등 관련 적응사업에 대한 인식전문성 제고

※ ('16~'19년) 정기교육 10회, 참석인원 610명(평균 약 150명/연)



〈교육 프로그램 및 적응사업기술 사례 과목(빨강 점선)〉

○ 지자체 폭염 대응 설명회('18~)

- 부문별 대응방향 및 저감기술사업 적용기법방법 및 국고보조사업 신청사항 등 설명

☑ 지자체 대상 폭염 대응 설명회 개최('18~'19)

- ('18.8.6, 대전) 120명 참석, ('19.7.24~26, 대전, 서울) 100명 참석

※ ('20년) 코로나19 상황을 고려한 지원방안 마련시행 예정



〈남부권-대전〉



〈중부권-서울〉

〈'19년도 지자체 폭염 대응 설명회(2회) 전경〉

I. KACCC 적응사업

▶ 주요 지원사항

☑ 시범사업 전 과정 진단 및 컨설팅 지원을 통한 실효성 제고

• (지역여건) 폭염대응 기술시설사업에 대한 추진 경험 부족, 관련정보 및 검증 사례 부족, 우수사례 및 홍보 등 부족
 ⇒ 사업기획, 과학적 접근, 추진방법 등의 어려움 발생

☑ 사업지역 현장조사 및 컨설팅 지원(17~)

- (기능) 대상지 현황(건물주변환경 취약여건특성 등), 사업·기술 정보(원리·효과·비용·방법·사례 등), 추진절차·방식, 설계, 공법선정(효과성, 경제성, 환경성 등), 시공 및 유지관리 단계에서 컨설팅을 통한 진단 및 개선



〈실시설계 전체회의〉



〈물차활용 도로구배 현장검토〉



〈상수 지점별 자연유하 검토〉

① '19년 취약성 개선사업 : 쿨링&클린로드(광주광역시) 컨설팅 전경



〈보도 쿨페이브먼트(부산 금정구)〉

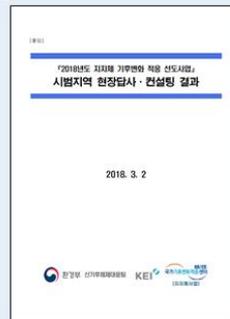


〈벽면녹화-패널형(전북 군산시)〉



〈전통시장 쿨링포그(충북 청주시)〉

② '18~'19년 적응 선도사업 : 사업지별 컨설팅 전경(예)



(표지)



(내지: 부산 금정구 예시)



(광주광역시 쿨링&클린로드 예시)

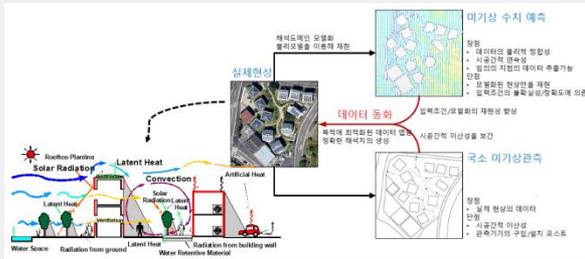


〈2018~2019년 국가기후변화적응센터 사업 컨설팅 결과서〉

주요 지원사항

☑ 모니터링 기반 사업효과 분석 ⇒ 효과검증, 진단개선, 표준모델 등 활용

- 사업별/기술별 특성에 부합한 모니터링 방법(실측, 시뮬레이션, 체감·만족도) 적용으로 사업결과의 객관성 확보 및 차후 동일사업에 대한 개선에 활용



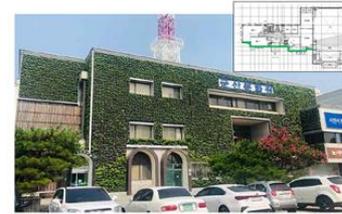
• 드론 활용 지표면 온도 측정

Sensor	Uncooled VCL Monochrome
Lens	MFOV 37° Aperture: f1.1
Image size	160 × 128 pixels
Scene temperature	>10 ~140 °C
Temperature resolution	0.1 °C
Spectrum	8~14um

• 인공열사부하실험실 측정

• CFD 시뮬레이션 열·풍환경 분석

☑ 모니터링 체계 및 결과(예시)



구분	내용
규모	지하1층, 지상 3층
용도	도서관(1층), 보육시설(2층), 문화시설(3층)
녹화면적	308.75m ²
적용식물	평에비틀, 털어위, 해국, 두메부추, 기린초
녹화구간	지상 1~3층
녹화유형	하수형 녹화 중 플랜터형 시스템
비고	콜링로고 시스템이 설치

설치개요

복합지원 기술 적용 현황

지갑효과 분석 및 평가지원 시스템

선제적, 주기적 모니터링 및 수치모델링

효율적 요소기술 평가(성능 및 체감) 및 운영 가이드라인 개발



<모니터링 체계·방법>

① 건축물 열성능

- 설치 전·후 열관류율 : 1.527 W/m²/K로 국내기준 대비 열악 ⇒ 0.295 W/m²/K, 0.174 W/m²/K, 0.599 W/m²/K, 0.761 W/m²/K로 건축외피 열성능 개선

② 건축물 외피 일사량

- 벽면녹화 vs 비녹화 온도차 : 5.4°C~15.5°C, (전) 34.5°C~(후) 19.1°C
- 벽면녹화 면적의 여름 및 겨울철 온도변화 폭이 적음 : 벽면녹화 효과검증

③ 건물에너지 시뮬레이션

- 실내온도 1.0°C~2.0°C 저감
- (전) 35.0°C~39.0°C~(후) 33.0°C~38.0°C
- 연간 건물 냉방에너지 요구량 2.4% 감소
- 연간 건물 에너지 요구량 18.5% 감소

④ 이용자 체감·만족도 조사

4. 벽면녹화시스템 사용 후, 개선된 건물에 대한 만족하십니까?

5. 벽면녹화시스템 사용 후, 냉방량 저감효과에 대해 만족하십니까?

- (응답자) 10명, 상주직원
- (체감효과) 100%가 온도저감
- (만족도) 100%가 시시만족
- (미관개선) 100%가 미관만족

<모니터링 결과>

'19년 적응 선도사업 : 건물외벽 벽면녹화(전북 군산시 육아종합지원센터)

▶ 주요 지원사항

☑ 모니터링 기반 사업효과 분석 ⇒ 효과검증, 진단개선, 표준모델 등 활용

- 사업별/기술별 특성에 부합한 모니터링 방법(실측, 시뮬레이션, 체감·만족도) 적용으로 사업결과의 객관성 확보 및 차후 동일사업에 대한 개선에 활용

※ 연도별 모니터링 추진내역('17~'20년)

- 도심특성, 지역유형, 설치 장소·건물 등을 바꾸어 가며 적용효과 및 다양성 등 검토

※ 클루프 예시: ('17) 도심 취약가구(251개), 노후저층아파트 ⇒ ('18) 농촌마을 및 도서지역 가구

구분	클루프	클페이브먼트	그린커튼	벽면녹화	지붕녹화	쿨링포그	쿨링&클린로드	도심도랑
2017년	✓ (도심 취약가구, 노후아파트)	✓ (공원 광장·인도)						
2018년	✓ (농촌·도서가구)	✓ (도심 보도·차도, 어린이체험시설)	✓ (공공건물: 시흥예코센터)					
2019년		✓ (농어촌 공공광장, 시청광장)		✓ (공공건물: 군산육아센터)		✓ (전통시장 4개소)	✓ (도심도로: 광주광역시)	
2020년 (추진 중)		✓ (조선서 인근보도)			✓ (버스정류장, 통학로펜스)		✓ (도심도로 춘천 등 9개 지역)	✓ (춘천 도심)

I. KACCC 적응사업

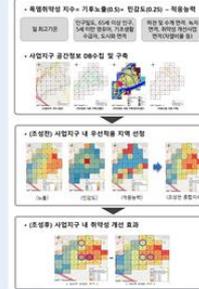
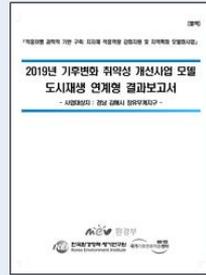
주요 지원사항

표준모델 및 활용가이드 등 개발 및 보급

• 컨설팅, 모니터링 및 사업추진 결과를 기반으로 표준모델, 가이드 및 홍보 영상물 배포로 지역사회 폭염 인식제고 및 관련사업 활성화 도모

☑ 컨설팅·모니터링 기반 연차별 사업모델 마련('17~)

✓ <예시> '19년도 취약성 개선사업(폭염대응 도시재생 연계형) 모델



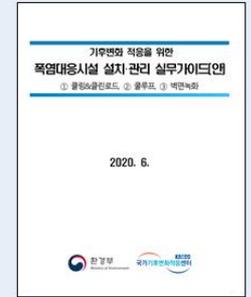
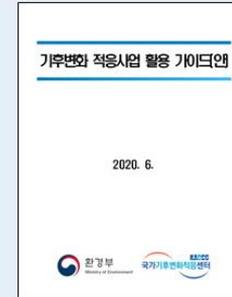
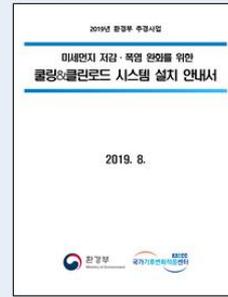
<사업지구 폭염 취약성 산정 및 개선효과>

☑ 폭염대응 활용을 위한 가이드·사례집 등 제작·보급('19~)

✓ 기후변화 적응을 위한 폭염 대응 가이드('19.6)

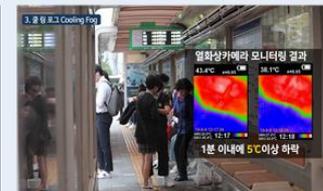
✓ 쿨링&클린로드 시스템 설치 안내서('19.8)

✓ 기후변화 적응사업 활용 가이드('20.7), 폭염대응시설(3종) 설치·관리 실무가이드('20.7)



☑ 환경부 폭염사업 추진결과 ⇒ 홍보 영상물 제작·보급('19) 및 갱신('20~)

※ (제공) 국가기후변화적응센터 홈페이지



<홍보 영상물(8분) 제작 결과 예시>

II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

▶ 사업 목적

- ☑ 지역사회의 생활 속 온실가스 감축활동 장려와 기후변화 영향·취약성 완화에 효과적 대처·관리를 위한 대응능력 장려
- ☑ 지역참여·주도형 사업추진 지원과 국가주도형 사업효과 검증 및 표준모델 구축을 통한 지역단위 확산·전파로 자발적·적극적 이행 활성화 유도

현황 및 문제점

- 기후변화의 장기화·일상화 대비 국가/지역차원 단기적 현안대응 접근으로는 한계
- 폭염·도시열섬 등 주요 기후영향 심화로 기후취약계층/지역에 피해 집중 및 증가
- 온실가스 감축 및 기후변화 피해 최소화를 위한 지역사회 구성원의 인식 및 관심 부족
- 관련기술·효과 및 사례 등 정보 부족, 사업시행을 위한 자원 및 경험 부족
- 지역별 기후영향에 따른 위험·취약성과 연계된 사업모델 및 성공사례 부재
- 지역사회 참여·협력 네트워킹 부재 및 시민 체감/니즈형 프로그램·사업 미흡
- 시범사업 성과 및 실증 성공사례 창출을 통한 전 지역사회 홍보·전파 미흡 등

II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

▶ 기본방향

☑ (단기) 폭염저감 기술요소 적용 → (장기) 도시단위 다양한 실증사업·기술 복합적용

⇒ 국민체감 기반 현장·효과중심 실증모델 확산으로 도시 기후탄력성 강화



기본방향

☑ 지자체 기후변화대응 국고보조사업(2017~2020)

* 선도사업, 취약성 개선사업은 스마트 그린도시('21)로 편성



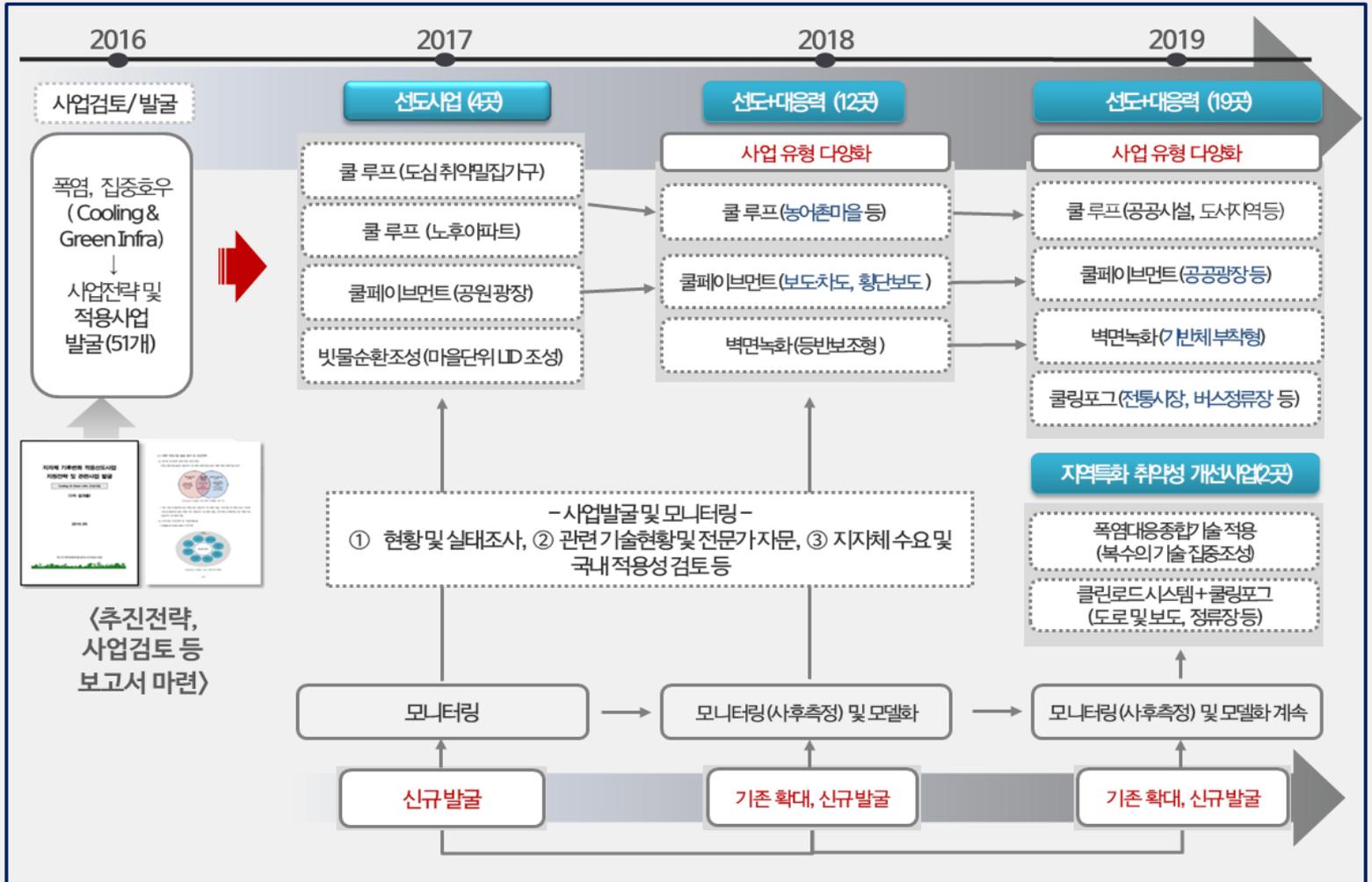
부문	온실가스 감축	기후변화 적응(폭염 대응)	
	기후변화 대응력 증진사업	기후변화 적응 선도사업	지역특화 취약성 개선 사업
목적	건축물 등의 에너지 절감을 통한 온실가스 감축효과 확산 (※ 적응-감축 공동편익 사업)	신규유형, 신기술 도입에 따른 적응효과 창출 및 확산	폭염·도시열섬 대응 복수의 단위기술을 집중적으로 조성하여 시너지 효과 창출·확산
예시	<ul style="list-style-type: none"> • 쿨루프, 차양, 그린커튼, 벽면녹화 조성 • 고효율 기기·설비 설치 • 에너지자립 또는 자원순환마을 • 탄소제로 에코스쿨 조성 • 취약주거, 노후건축물 대상 단열보완, 창호교체, 단열필름 설치 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 폭염·도시열섬 저감형 소재·제품 및 기술 적용 - 유형별 녹지·식재 확충·조성 - 도로변, 하천변 등 녹화 - 도로, 보도, 광장 등 차열성·투수성·보수성 포장 - 식생수로, 친수공간 및 물길 조성, 인공 물 순환 설비 설치 - 바람길 조성 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 열섬완화 및 미세먼지 저감 - 쿨링&쿨린로드(도로) + 쿨링포그(인접보도) • 지역단위 폭염 취약성 완화 - 쿨루프(건물)+옥상·벽면녹화(건물) + 쿨페이브먼트(보도/광장/주차장 등) + 쿨링포그(시장/공원/정류장 등) + 녹지·녹화(하천변/유희지 등)
대상	가정·상가, 학교, 복지시설 등	도로, 보도, 공원, 광장 등	지구 및 마을(커뮤니티) 단위

기본방향

☑ (참고) 지자체 국고보조사업 추진체계

- ① 기술·수요, ② 신기술 적용 및 시범유형 확대, ③ 효과검증, ④ 모델화 및 확산, ⑤ 성능·기술 및 제도개선

추진경과
(‘16~’19)



▶ 주요 추진결과

- (2019년) 지역특화 취약성 개선 사업 : 폭염 및 미세먼지 대응형

* 주요 도로변 쿨링&클린로드, 쿨링포그 적용



- <대상지> 광주광역시 - 문화의전당 인근

▶ 주요 추진결과

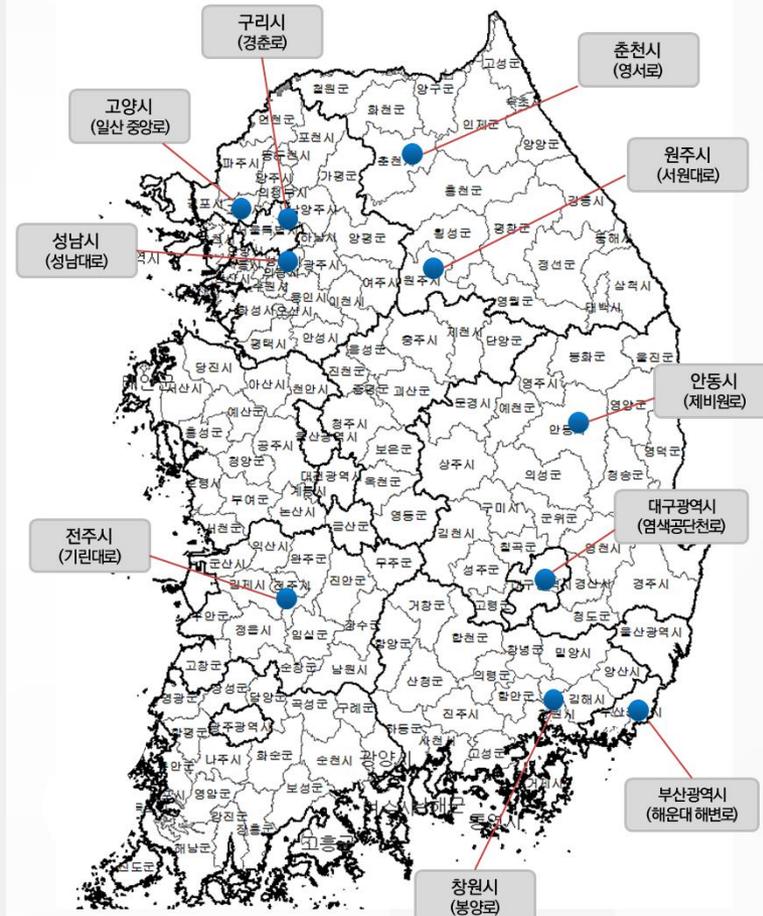
▪ (2020년) 쿨링&클린로드 시스템 구축 시범사업(10개소) 및 효과분석 연구 추진

사업규모

- 10개소 조성비: 총 9,500백만 원 / 길이: 7230m, 면적: 약 190,000㎡
- 설치유형: 주요 도심도로, 해변로(관광지), 산업단지 등 위치 / 차선규모: 6~10차선(편도 3~5차선)

* (사업효과 분석) 도로타입, 도로구간 주변 특성, 차선별(규모별) 분사업 및 가동기준 등 고려

지자체	설치위치	도로 길이 (m)	왕복 차선수	도로 횡단 경사 (%)	수원
부산	해운대구 해운대 해변로 (해운대 운천사거리~해운대 그랜드호텔)	500	6	2	지하수
대구	대구 염색공단천로	500	6	2	공업용수
경기 (3)	성남 중원구 성남대로 (모란사거리~모란시장사거리)	500	10	2	지하수
	구리 경춘로 (돌다리사거리~왕숙교방면)	500	6	1.5~2	하수 재이용수
	고양 중앙로 (정발산역~마두역 삼거리)	1,200	6	2	지하수
강원 (2)	춘천 영서로 (공지천사거리~평화공원 사거리)	880	6	2	지하수
	원주 서원대로 (의료원 사거리~늘품 사거리)	500	6	2	지하수
전북	전주 기린대로 (금암광장~정동영사무실사거리)	700	6	2	지하수
경북	안동 제비원로 (중앙사거리~영호대학교복단교차로)	450	7	1.8	빗물, 지하수
경남	창원 봉양로 (봉암공단사거리 기준 양방향)	1,500	8	2	봉암 수원지



출처 : 쿨링&클린로드 시스템 설치 안내서(환경부, 2019.8)

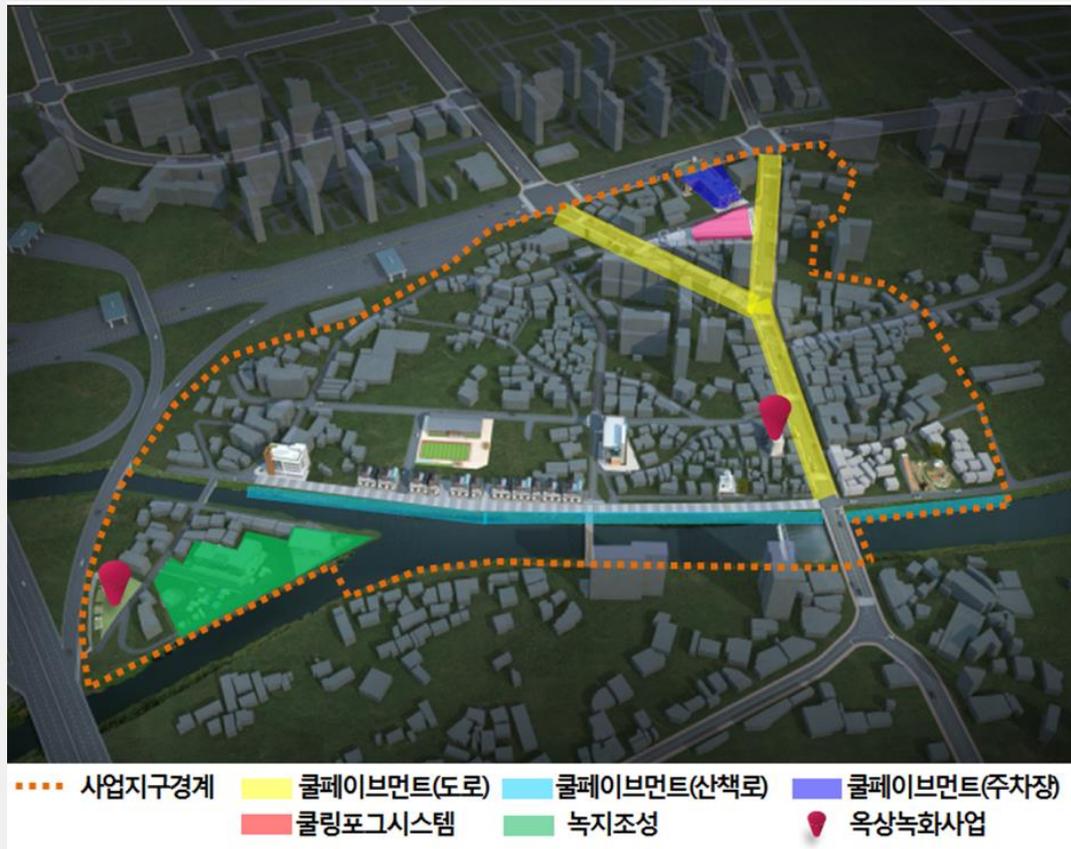
출처 : 저자 작성

II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

▶ 주요 사업 추진결과

▪ (2019년) 지역특화 취약성 개선 사업 : 도시재생지구 폭염적응형

* 열환경 개선 우선지역 중심 차열, 벽면녹화, 녹지, 쿨링포그 등 복합기술 적용



조성 결과



차열블록 포장



지붕 차열도장



벽 차열도장



도로 차열포장(골목길)



도로 차열포장(주차장)



물안개 분사시스템



스마트그늘막



미세먼지 저감 숲



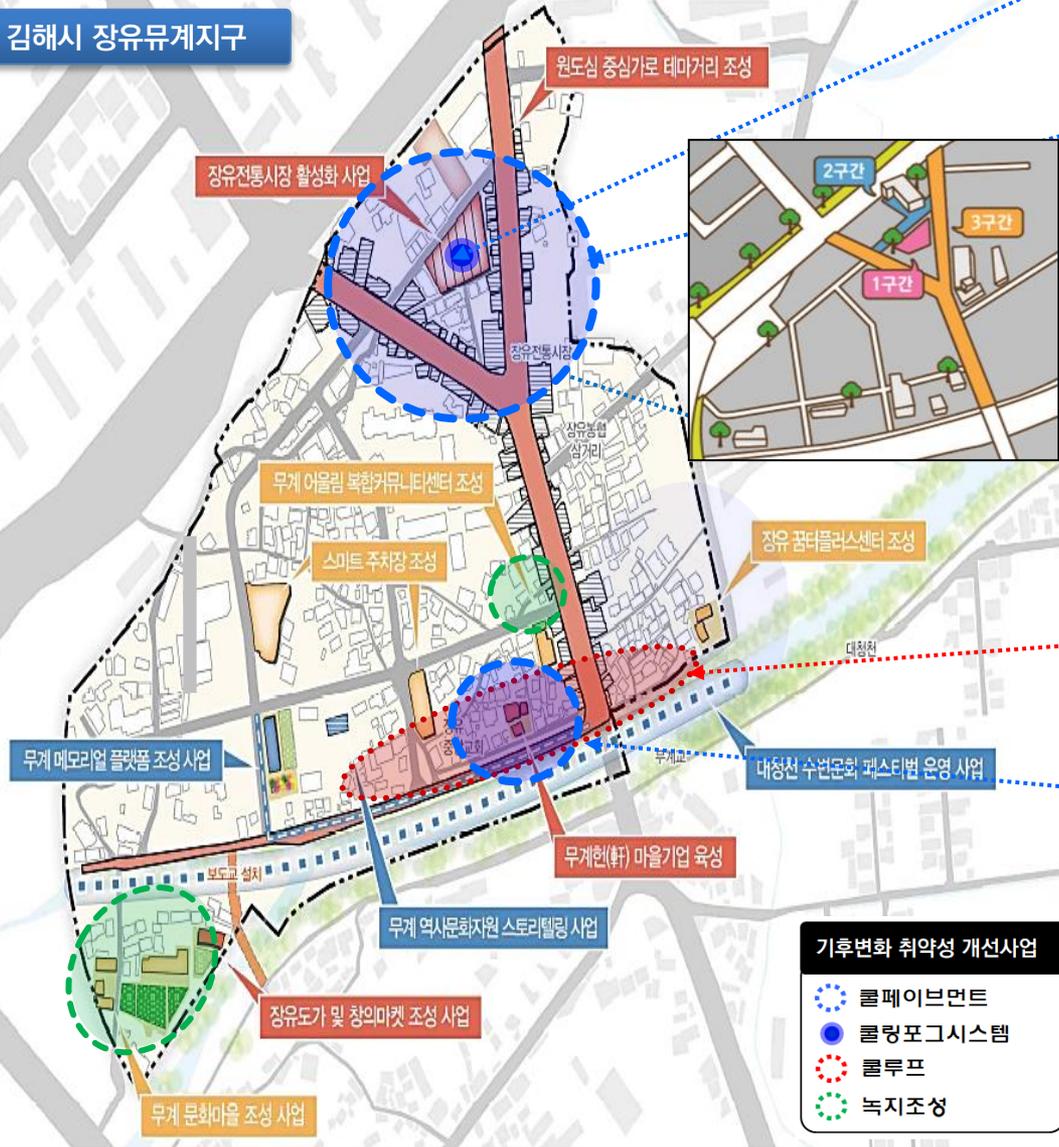
벽면 녹화

[대상지] 경남 김해시-장유무계 도시재생사업지구

II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

도시재생 연계형 기후변화 취약성 개선사업

경남 김해시 장유유계지구



쿨링포그시스템

- (1구간) 장유전통시장 내 250m(2 Line) 설치
⇒ 시장 실내온도 3.5℃ 저감, 미세먼지 농도 43.2%

쿨페이브먼트

- (2구간) 시장주차장·도로(2,916㎡) 차열도료 시공
- (3구간) Y자 중심가 보도(3,800㎡) 차열블럭 시공
⇒ 쿨페이브먼트 88% 적용 시 주차장 대기온도 2℃ 저감 등 취약성지수 22.9% 개선



쿨루프

- 노후주택 276개소 중 134개소(23,264㎡) 시공
⇒ 건축물 실내온도 3℃ 저감

쿨페이브먼트

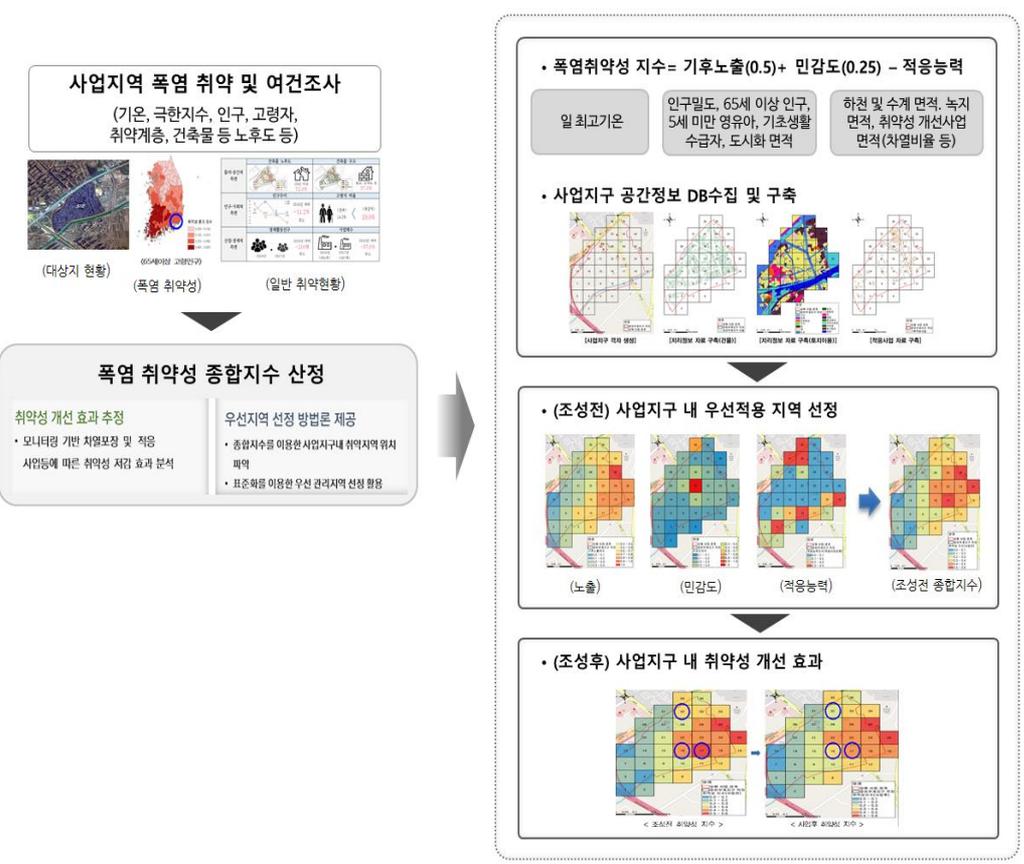
- 주변 골목길(1,113㎡) 차열도료 시공
⇒ 도로변 대기온도 2℃ 저감 등 취약성지수 2.9% 개선



II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

▶ 주요 사업 추진결과

▪ (2019년) 지역특화 취약성 개선 사업 : 도시재생지구 폭염대응 복합기술 적용



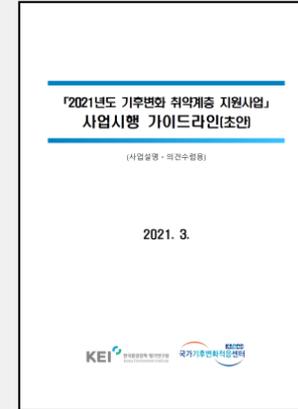
- 도시재생사업 지구를 격자로 36개 지점을 구분하여 취약성 지수*가 높은 지역, 인구 이동이 많은 곳 등 선정
- * 취약성 지수 = 기후노출(0.5) + 민감도(0.25) - 적응능력(0.25)
- 취약성 개선사업을 추진한 16, 17, 32지점의 취약성지수가 전반적으로 개선

- 폭염 영향 취약성 진단·평가 → 사업계획 시 우선 사업지역 선정 및 적정 사업량 추정 방법론 제공
- 도시재생과 적응사업간의 연계 및 활성화를 통한 파급효과 발생
- 계획~유지관리 시 고려 가능한 연계지표 활용

[대상지] 경남 김해시-장유무계 도시재생사업지구

II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

☑ 기후변화 취약계층 지원사업(2021~)



목 차	
I. 지원사업 개요 / 1	
1. 배경 및 목적	1
2. 지원사업 근거	2
3. 지원사업 범위	4
4. 추진체계 및 방향	6
5. 첨부파일	10
II. 세부사업 유형별 추진사항(연) / 11	
1. 기후친화형 어린이놀이시설 조성 조성사업	11
1.1 사업 필요성	11
1.2 사업 추진방향	12
1.3 설치관리 시 고려사항	15
2. 차열사업	22
2.1 사업 필요성	22
2.2 사업 추진방향	23
2.3 설치관리 시 고려사항	26
3. 방열방기사업	31
3.1 사업 필요성	31
3.2 사업 추진방향	32
3.3 설치 및 유지관리	33
4. 녹화사업	39
4.1 사업 필요성	39
4.2 사업 추진방향	40
4.3 설치관리 시 고려사항	44



☑ 기후변화 취약계층 지원사업(2021~)

➤ 2021년도 지원사업 유형

□ 차열·단열사업



<건물 옥상 차열기능 페인트 시공>



<건물 외벽 차열기능 페인트 시공>

□ 취약계층 실내환경개선사업



<이중창 교체 등 창호개선>



<벽체단열 개선>



<건축물 차양시설>



<실내 냉·난방설비(정문형 에어컨) 지원>

□ 취약대상 이용시설 벽면녹화 조성사업

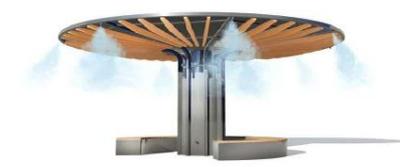


<건축물 벽면녹화-패널형>

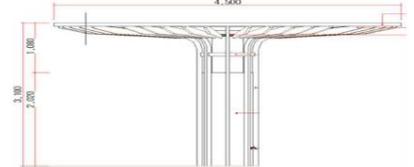


<건축물 그린커튼>

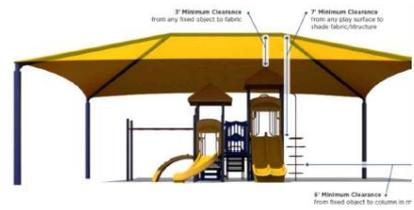
□ 기후친화형 어린이 놀이쉼터 조성사업 자체



<지붕형 쿨링쉼터>



<바닥재·놀이시설 열환경개선 포장>



<지붕형 그늘막>

□ 차량형 이동 쉼터(야외근로자) 자체



<이동형 쉼터 실내외부>

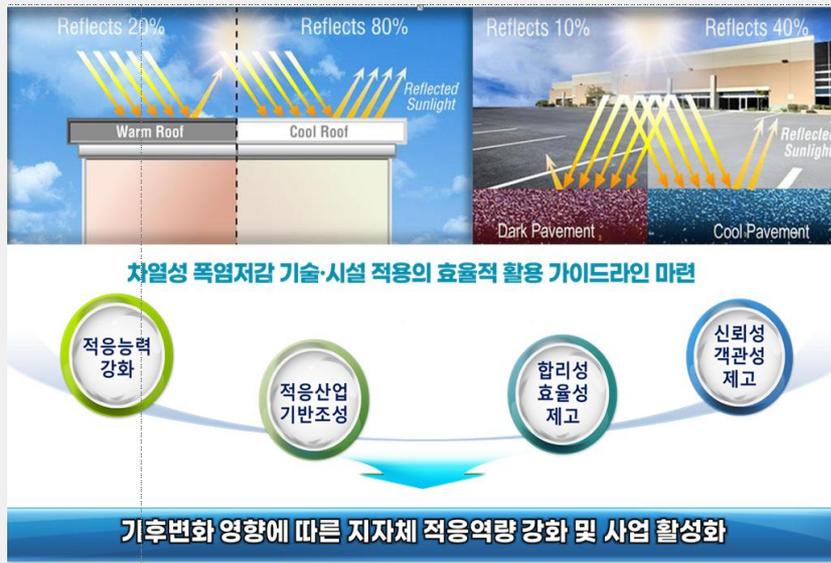


II. 폭염대응 및 취약계층 주요 적응사업

☑ 폭염대응시설 설치 및 관리 가이드 마련(2020~)

▶ 폭염 적응능력 향상을 위해 주요 시설별 가이드 순차 제공

- 폭염저감 요소기술로써 쿨링&쿨린로드, 쿨루프, 쿨월, 쿨페이브먼트, 쿨링포그, 벽면·지붕녹화 등 주요 관련대응 시설 적용 중
- * ('20년) 쿨링&쿨린로드 시스템, 벽면녹화시스템 가이드 마련·배포('20.7)
- * ('21년) 차열기술·소재 등에 대한 가이드 마련·배포('21.7)

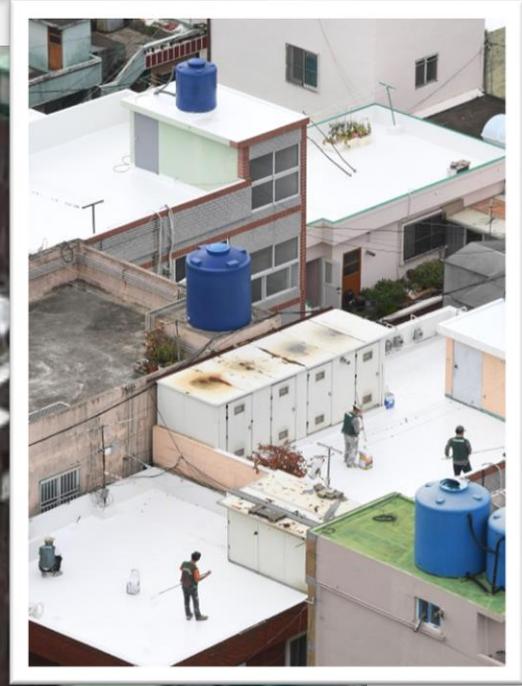


<h4>법적사항</h4> <ul style="list-style-type: none"> • 토지소유자/건물소유자의 허가승인서 • 법적제한/규정사항 • 녹색건축 관련 인센티브(우대사항) <ul style="list-style-type: none"> - 건축물 에너지절약설계 기준 등에 가점항목 추가 등 	<h4>입지 및 기후특성</h4> <ul style="list-style-type: none"> • 건물배치, 밀도, 높이 등 주변환경 • 평균일조량 및 일조시간 • 여름철 강우량 • 평균기온 및 습도 • 대기질 오염농도
<h4>쿨루프 적용유형 및 재료</h4> <ul style="list-style-type: none"> • 적용유형: 빌트 업, 시트 멤브레인, 지붕 널, 기와 등 • 적용재료: 아스팔트, 목재, 유리섬유, 폴리머, 금속 등 • 기존 보수상태 및 균열 여부 	<h4>유지관리 및 보수비용</h4> <ul style="list-style-type: none"> • 쿨루프 표면 수분조절 • 쿨루프 표면 오염물질 부착, 부식에 따른 노후화 • 쿨루프 시공면적 세척주기 및 비용 • 쿨루프 개·보수 주기 및 비용

- #### 쿨루프 성능인증 여부
- 태양반사도 (Solar Reflectance)
 - 열방사율 (Thermal Emissance)
 - 태양반사지수 (Solar Reflectance Index)

- #### 목표 적용효과
- 쿨루프 시공면적
 - 시공전후 건물 내외부 온도 변화
 - 시공전후 순에너지 사용변화량

- #### 모니터링 방안
- 간접모니터링 (전기에너지 사용량)
 - 직접 모니터링 (열화상카메라, 대기·표면 온도계 등)
 - 위치·공간 모니터링 (센서기반, 위성영상·이미지 등)





2. 쿨 페이브먼트 Cool Pavements

기후변화
사업및기술
대구광역시 달서구 강창공원

일반 아스팔트 등 포장 대비 온도, 에너지 부하량

- ✓ 표면온도 10~17℃ 저감
- ✓ 반사율 10% 증가 시 4℃ 저감
- ✓ 주변온도 약 2℃ 저감
- ✓ 도로 조명비용 30% 저감

물놀이장 조성예정

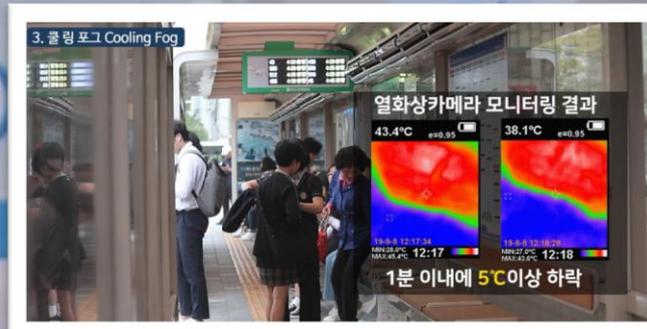




< 투수블럭, 침투측구 포장 전경 >



< 도시농업체험원 빗물저류조 설치 전경 >



버스정류장 냉난방시설 설치(임실군, 부산진구 등 22개소)



쿨링&클린로드 시스템(구리시 등 10개소)



5. 쿨링&클린로드 Cooling Clean road
BUS

쿨링&클린로드 사업효과

- ✓ 도로 표면온도 저감효과
- ✓ 살수 전 48°C → 살수 후 29°C
- ✓ 폭염 취약성 완화
- ✓ 도로 재비산먼지 저감

4. 벽면 녹화 Green Plant wall



건축물 그린커튼(시흥에코센터)



온도와 미세먼지 낮춰요... 건물 외벽 '그린커튼'

방송일 : 2018.09.05 재생시간 : 02:39



국민리포트
건물 '식물옷' 입어요

그늘나무 조성(부산시 주요 교통섬, 간선로 등)



기후변화
사업및기술
부산광역시 주요 간선로

3. 쿨링 포그 Cooling Fog



3. 쿨링 포그 Cooling Fog

쿨링포그 설치로 인한 온도 및 미세먼지 저감효과

- ✓ 평균 3.5℃ 온도 저하
- ✓ 미세먼지 농도 43.2% 감소
- ✓ 부유세균 30.6% 감소

✓ 공기질 최적 효과







(이동식 트레일러, 자체제작)



(이동식 텐트)



쿨 루프

☑ 경남 김해시 장유무계지구

• 대상 - 패널 지붕

• 시공 전후 표면온도 및 실내온도 변화

- 시공 전: (표면온도) 33.4~54.8°C / (실내온도) 25.2~27.6°C
- 시공 후: (표면온도) 28.5~37.9°C / (실내온도) 23.3~27.3°C

• 저감효과: (표면온도) 4.9~16.9°C / (실내온도) 0.3~1.9°C

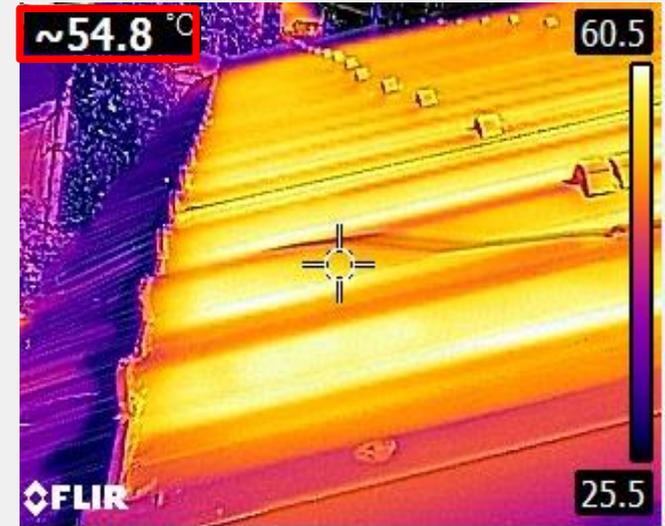
• 대상 - 슬래브 지붕

• 시공 전후 표면온도 및 실내온도 변화(슬래브 지붕)

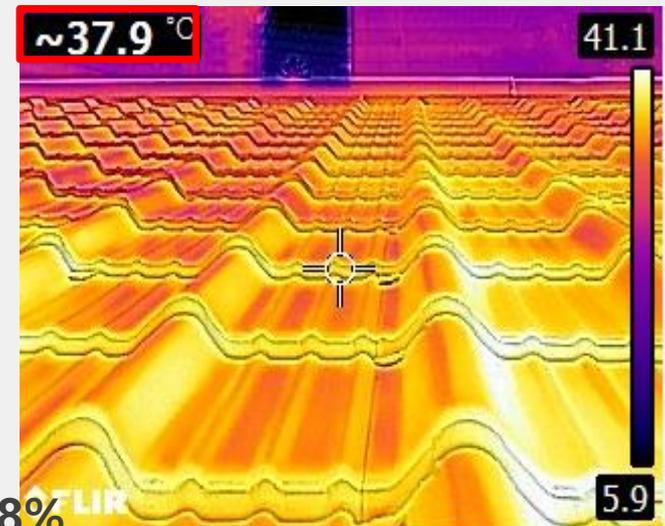
- 시공 전: (표면온도) 24.0~49.5°C / (실내온도) 26.9~28.7°C
- 시공 후: (표면온도) 22.0~26.6°C / (실내온도) 24.9~25.3°C

• 저감효과: (표면온도) 2.0~22.9°C / (실내온도) 2.0~3.4°C

• 만족도(패널/슬래브): 보통~만족한다 이상 약 82.8%



<김해시 장유무계지구 쿨루프 '미시공' 패널 지붕>



<김해시 장유무계지구 쿨루프 '시공' 패널 지붕>

쿨링포그

☑ 충북 청주시 우암동

• 대상 - 청주북부시장

• 가동 전후 실외 - 실내온도 차이 / 미세먼지농도 변화

- 가동 전: (온도) 0.2~0.3°C / (미세먼지) 97.3~100.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 가동 후: (온도) 0.6~1.0 °C / (미세먼지) 21.8~23.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

• 저감효과: (온도) **0.4~0.7°C** / (미세먼지) **75.5~76.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

• 만족도: 보통~만족한다 이상 95.4%

☑ 경남 김해시 장유무계지구

• 대상 - 장유전통시장

• 가동 전후 실외 - 실내온도 차이 / 미세먼지농도 변화

- 가동 전: (온도) 0.4~0.5°C / (미세먼지) 60.6~75.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 가동 후: (온도) 2.3~2.5°C / (미세먼지) 25.2~50.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

• 저감효과: (온도) **1.9~2.0°C** / (미세먼지) **25.2~35.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

• 만족도: 보통~만족한다 이상 약 70%

<김해시 무계동 장유전통시장 쿨링포그 가동 전후 효과>

측정항목	가동 전	가동 후	차이
실내외 온도 차(°C)	0.5	2.5	▽2.0
습도(%)	54.7	54.4	▽0.3
미세먼지(PM10)($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	75.3	50.1	▽25.2
이산화탄소(ppm)	395.8	386.8	▽9.0
폼알데하이드($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.3	5.6	▽0.7
부유 세균(CFU/ m^3)	788.3	781.5	▽6.8
라돈(Bq/ m^3)	23.9	21.8	▽2.1
총휘발성 유기화합물($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	257.7	92.0	▽165.7
석면(개/cc)	불검출	불검출	-

쿨 페이브먼트

☑ 부산광역시 금정구

• 대상 - 구서역 인근 도로 및 보도

• 표면온도 변화

- 시공 지역: 최저 25.9~31.6°C, 평균 27.6~43.9°C

- 미시공 지역: 최저 26.6~44.0°C, 평균 28.5~46.4°C

• 저감효과: 표면온도 **0.7~12.4°C** 차이 발생

• 만족도: 보통~만족한다 이상 77.5%

☑ 경남 김해시 장유무계지구

• 대상 - 장유전통시장 주차장

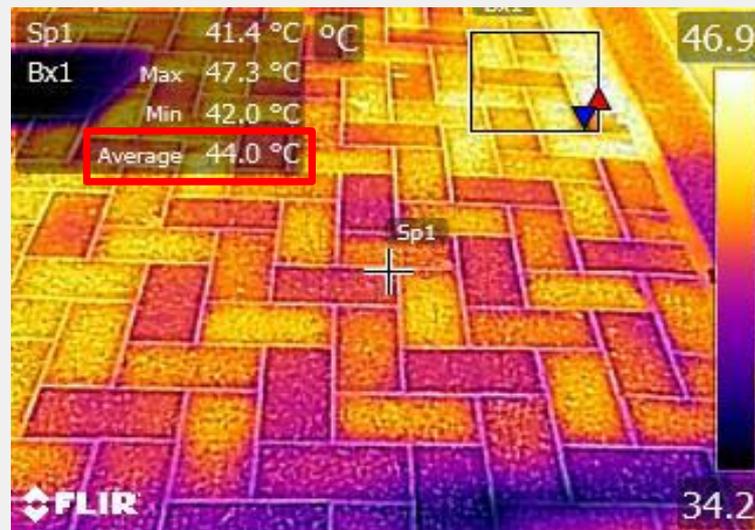
• 표면온도 변화

- 시공 지역: 최고(31.3°C), 최저(17.3°C), 평균(23.5°C)

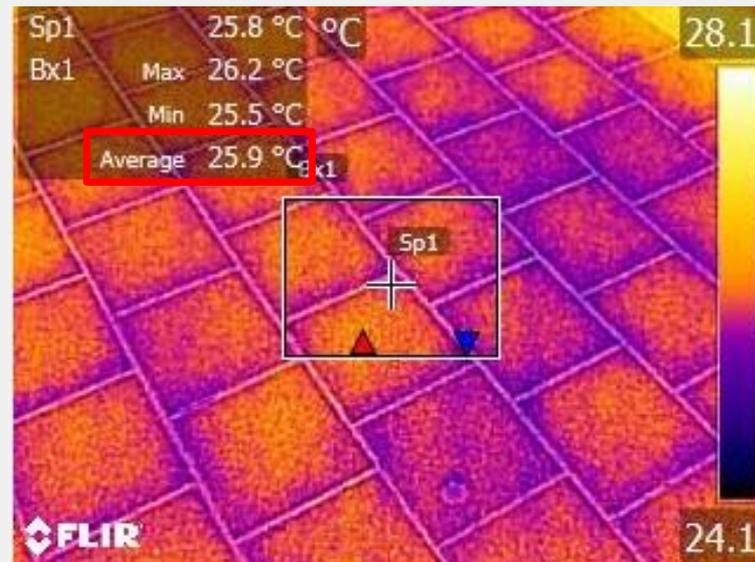
- 미시공 지역: 최고(42.1°C), 최저(19.5°C), 평균(29.3°C)

• 저감효과: 표면온도 **2.2~10.8°C** 차이 발생

• 만족도: 보통~만족한다 이상 100%



<부산 금정구 보도 쿨 페이브먼트 '미시공'지역>



<부산 금정구 보도 쿨 페이브먼트 '시공'지역>

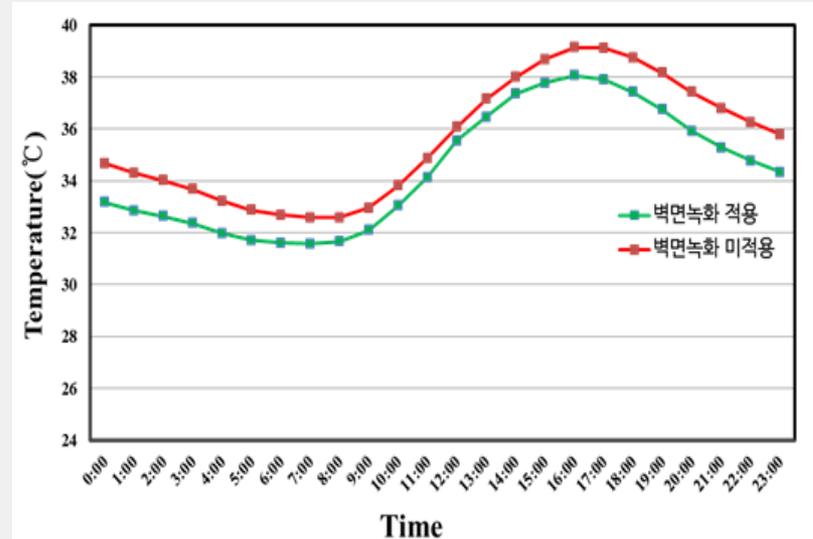
▶ 벽면녹화

☑ 전북 군산시 나운동

- 대상 - 육아종합지원센터 일부 벽면
- 시공 전후 표면온도 및 실내온도 변화
 - 시공 전: (표면온도) 34.5°C / (실내온도) 35.0~39.0°C
 - 시공 후: (표면온도) 19.1°C / (실내온도) 33.0~38.0°C
- 저감효과: (표면온도) **5.4°C~15.4°C** / (실내온도) **1.0~2.0°C**
- 연간 건물에너지 사용량 **18.5%** 감소할 것으로 추정



<전북 군산시 벽면녹화 시공/미시공 벽면 온도>
 ※ 참고 - SP3: 비녹화 벽면 / SP4: 녹화 벽면



<전북 군산시 벽면녹화 시공/미시공 실내온도 변화>

III. 발전방안

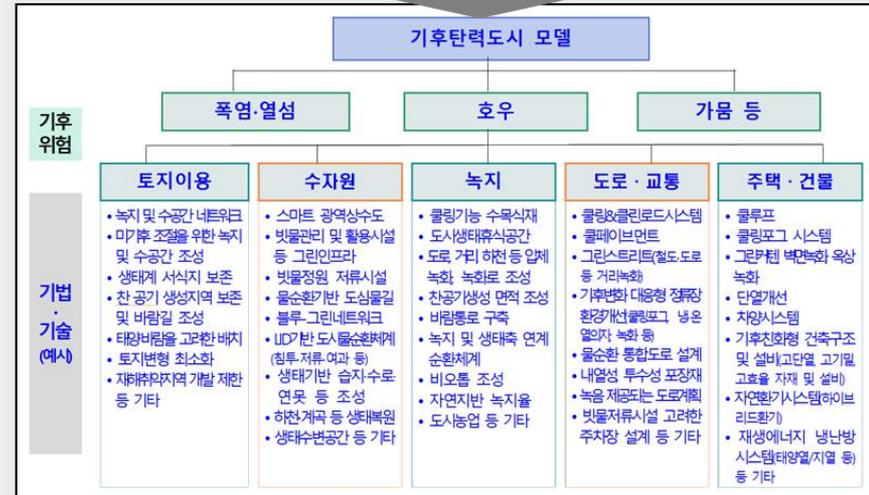
☑ 도시의 쇠퇴·낙후, 노후화, 고령화, 인구감소, 기술변화 등 여건변화와 기후변화로 인한 위험 및 취약성 등 노출 증가로 안전 및 안심사회 요구 증대

☑ 국민안전생활 및 지속가능성 향상을 위해 기후변화 적응을 수단으로 도시의 회복탄력성* 강화를 위한 기후재난 대응 인프라 구축 필요

* 외부의 충격을 빠르게 흡수하여 원상태로 재건할 수 있는 시스템, 즉 기후변화로 인한 위험 및 스트레스로부터 취약성을 감소하고 적응력을 향상시켜 기후변화에 유연하게 대응하고 부적정적 측면을 최소화하는 도시

☑ 도시개발, 도시재생, 물순환도시, 스마트시티 등과 연계하여 기후탄력성 강화를 위한 도시성장 적응모델 마련 및 확산

- 토지이용, 도로·교통, 에너지, 건축, 녹지, 수자원 등 물리적 측면과 거버넌스, 건강·복지 등 비물리적 요소의 통합적 대응
- 기후변화 위험·취약성 저감분석, 계획기법 및 기술요소 등을 접목/융합하고 기후변화 적응과 완화 모두 장려
- 현장중심 컨설팅(진단분석) 및 모니터링·환류를 통한 실효성 제고

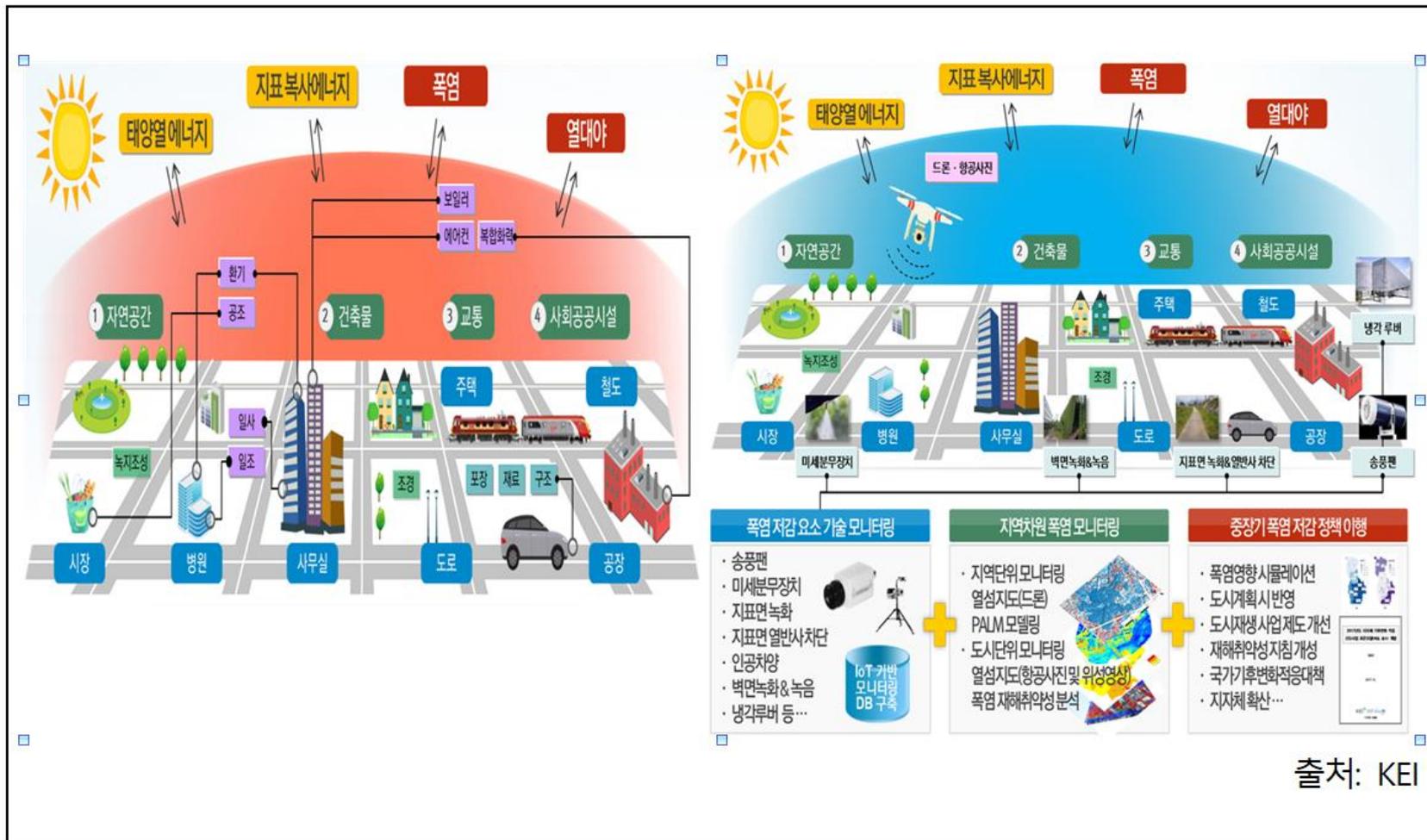


[기후탄력도시 조성 방향]

III. 발전방안

☑ 저탄소형 기후적응도시 마련 필요

▶ 통합플랫폼 : 열환경 개선&물순환 강화&미세먼지 저감&에너지 효율증대



출처: KEI

III. 발전방안

☑ 폭염대응을 위한 도시정책 및 인프라 등 개선방향 필요

부문	대응 방향(예시)
도시	<ul style="list-style-type: none"> • 열 환경을 고려한 도심환경 조성 • 도시계획, 도시정비 및 재생 등 사업추진 시 열 환경 고려 • 바람길, 넓은 녹지 확보, 녹지의 연속성 확보, 수면확대 등
도로·교통	<ul style="list-style-type: none"> • 폭염 및 미세먼지 저감을 위한 쿨링&클린 로드 시스템 도입 • 투수성, 차열성, 보수성 포장 등 확대 • 도로 등 보도블록의 불투수성 포장 최소화 • 자동차 배기구 열에 의한 영향 저감 • 지하철역사, 버스정류장 등 대중교통시설의 열환경 개선 등
물 순환	<ul style="list-style-type: none"> • 하천환경 개선과 물길 조성 • 하천유지용수 확보(하수처리수 재이용) 및 하천 호안 녹화 • 빗물 이용 활성화, 그린 인프라(GI) 및 LID 확충
주택/건물	<ul style="list-style-type: none"> • 복사열 반사 및 자외선 차단을 위한 차열 공법 및 반사제품 사용 • 건물과 부지 녹화로 축열량 저감과 증발산 촉진 • 건축물 심의기준 개선, 부지 및 옥상녹화 등 녹화비율 기준 제정 • 기후친화형 건축물 조성 • 대규모 건물 미기상모니터링 시스템 도입 • 식재 장소의 토심 기준 제정, 나무주변 투수성 포장 범위 기준 제정 • 재생에너지 이용, 인공배열 최소화 등
공원/녹지	<ul style="list-style-type: none"> • 자연적 물 순환 및 인공 설비를 활용한 물순환 촉진 • 녹지확대, 가로수 식재 확대, 가로수 수형 및 건강관리 • 공원 내 포장면을 토양층, 투수성, 차열성, 보수성 포장 등 전환 • 물 순환 촉진을 위하여 공원 내 습지, 연못 및 물길 등 조성 • 바닥분수, 안개분수 쿨링 포그 등 인공 물 순환 설비 설치 등

기후변화 적응을 위한 폭염 대응 가이드

2019. 6.



III. 발전방안

☑ 한국형 폭염 및 도시열섬 대응 관련기술·사업 분류체계 개발 및 관리 필요

※ 최근 폭염에 취약한 계층·시설 등을 대상으로 쿨 루프, 쿨 페이브먼트와 같은 차열제품 적용, 도시 녹화, 벽면녹화, 자연적/인공적 물순환 촉진(습지, 물길 조성, 쿨링 포그 등), 도로의 열섬완화 및 미세먼지 저감을 위한 클린&쿨링 로드 설치 등 다양한 폭염 대응사업 발굴·확대 중

☑ 관련기술, 자재·공법, 시공 등의 신뢰성과 품질향상을 위한 성능기준 및 평가기법 필요

- 현재 폭염 적용 기술 및 관련 자재·제품 등 선정 시 성능지표·기준 등 부재로 객관적 판단 어려움
- 단위기술·사업에 대한 효과성 및 경제성 평가방법과 이를 위한 모니터링 방법론 마련 필요
- 관련연구·기술개발을 통해 국내 적합한 성능기준 및 표준 인증 체계 마련
 - 폭염 산업 초기 단계에서 국가 차원의 검증된 기술 정립 및 표준 인증 필요

☑ 폭염대응 등 관련산업 육성을 위한 전략과 추진과제 마련 필요

- 범정부 차원 폭염산업 육성계획 수립, 폭염산업 활동에 대한 인센티브 등 지원책 마련, 관련 법제도 기반 정비·개선, 관련산업 전문성 강화 및 인력 양성 등
- 폭염 대응 R&D 기반 구축 및 투자 강화, 폭염 산업 분류체계 구축, 폭염 영향·피해 관련 취약성 및 리스크 정보 구축·활용, 폭염 대응 기술정보·성과확산 및 인식 제고를 위한 교육 및 홍보 강화 등

경청해 주셔서 감사합니다.

*기후변화에 대한 현명한 적응,
우리 앞에 주어진 최우선 과제입니다!*



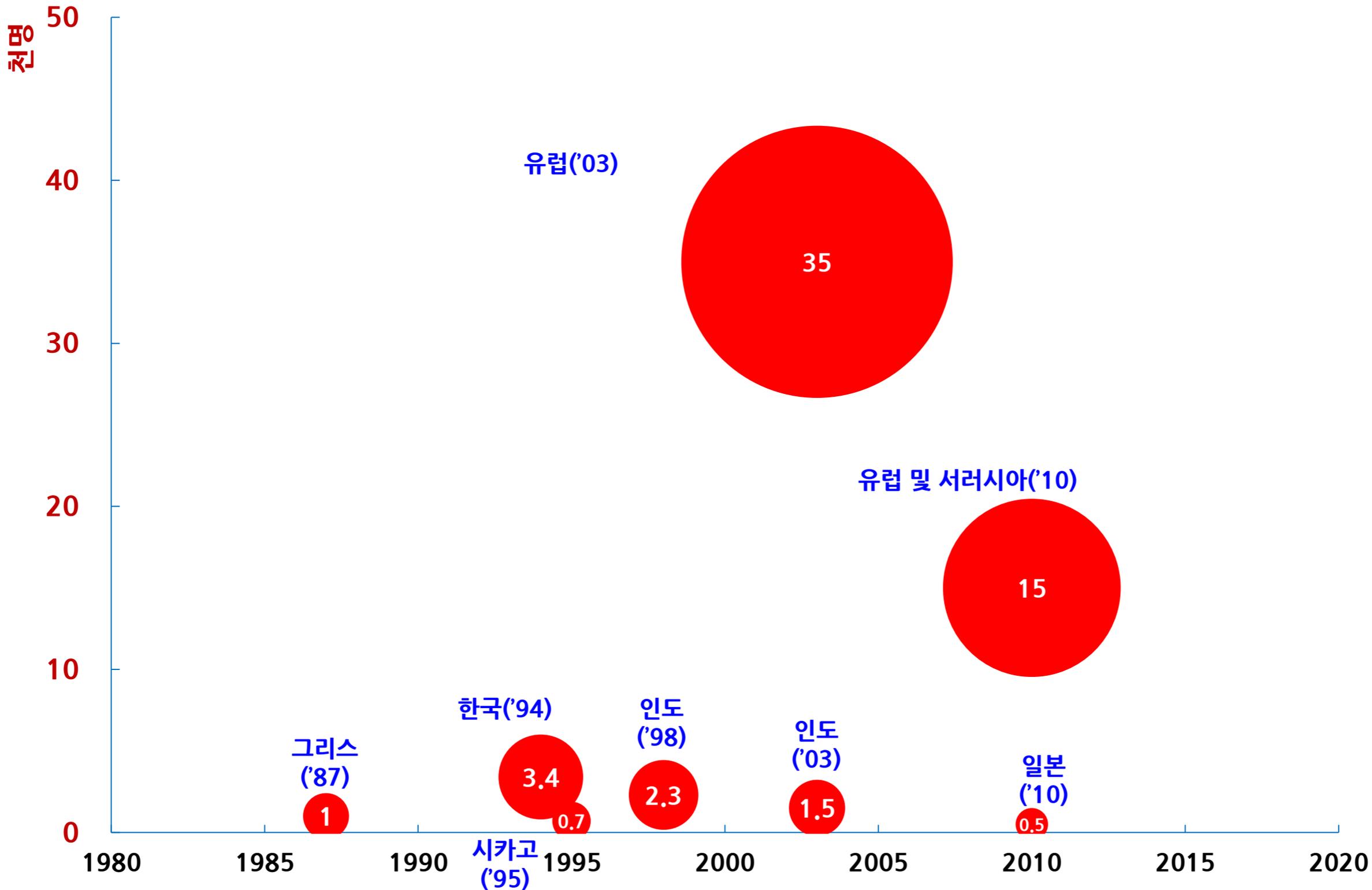
‘2045 탄소중립도시 달성’을 위한

제1회 스마트그린도시 광주공동대응 포럼

광주광역시 폭염 분석과 대응력 향상 방안 제언

연구개발실 실장 오병철 Ph.D.

약 25년간 전세계 인구 중 6만명 폭염 사망



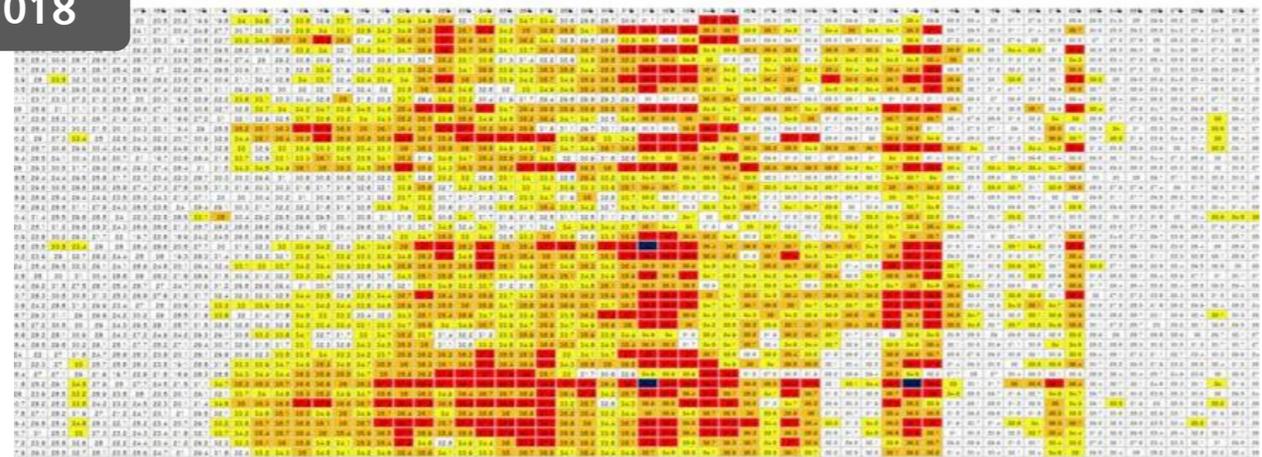
폭염

소리없이 다가오는

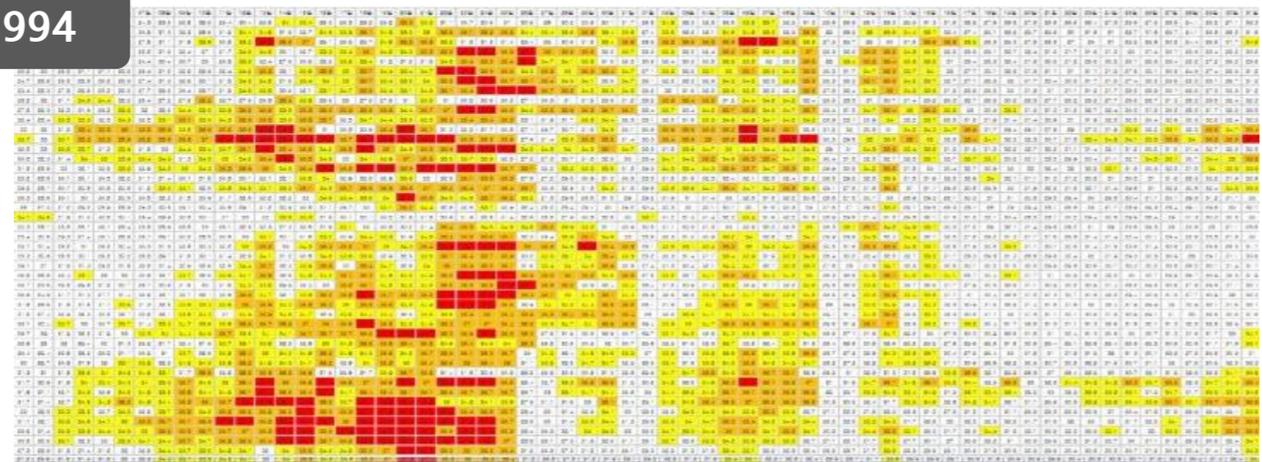
침묵의 살인자

대한민국 정부(2018년), 폭염은 자연재난이다.

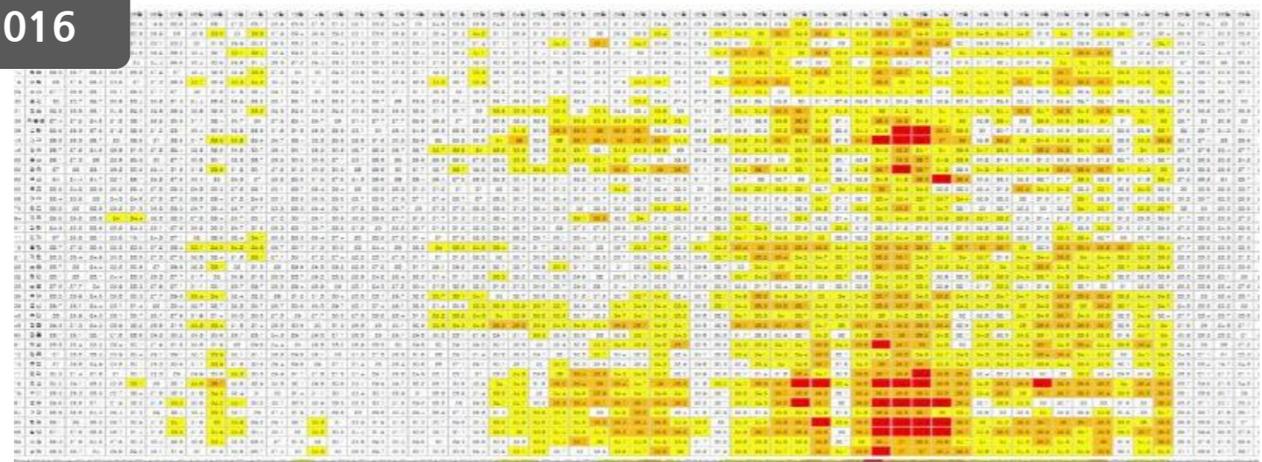
2018



1994



2016



33.0~34.9도 35.0~36.9도 37.0~39.9도 40.0도 이상

*Source : <http://www.hani.co.kr/>

2011~2018년 온열질환자 수



*Source : 보건복지부

2019년 온열질환자 신고 현황

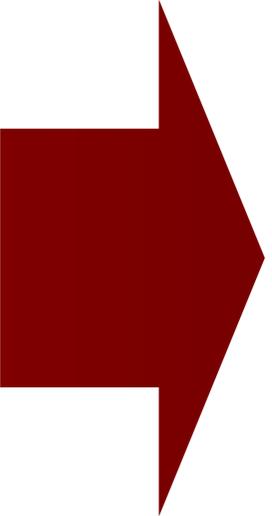


*Source : 뉴시스

광주광역시 폭염 조사 및 분석



지역/위치/일시
 도시개발상황
 기상/기후
 주변환경
 도시평가모델
 GIS
 도시방재계획
 시민의식조사
 전문가 자문
 기타.



폭염
 집중
 /
 취약
 지역
 종합
 분석

광주광역시 지형 특성

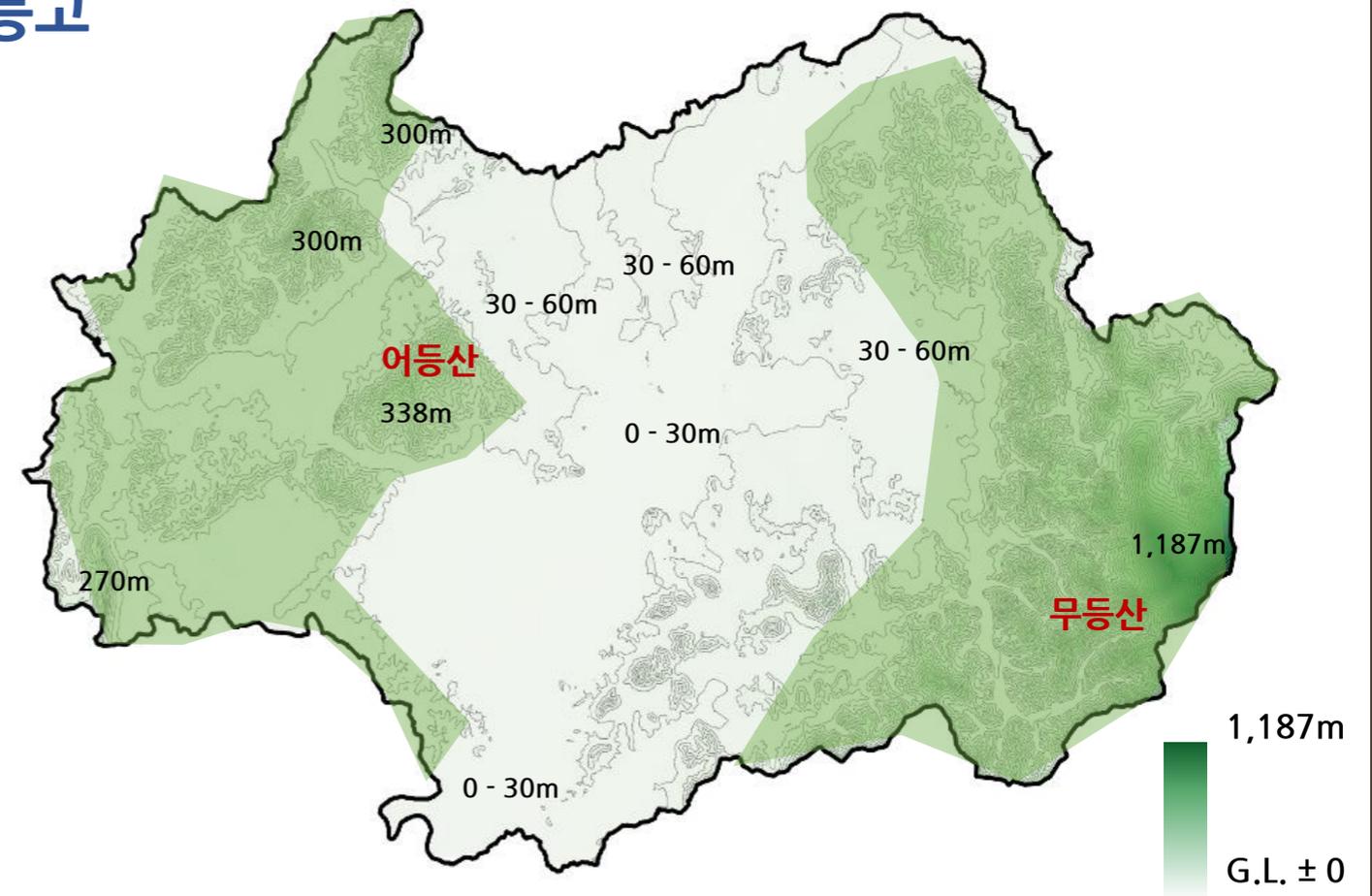
일반현황 : 위치 및 지형

- 광주는 동·서부 산지, 가운데 평야지대로 구성된 **분지 지형의 광역도시**
- 면적 501.18km², 인구 1,482,151명, 5개 자치구, 95개 행정동 구성(2018)
- 도시지역 점차 확장되면서 **인구수, 건축물 동수 증가추세**

행정구역



등고

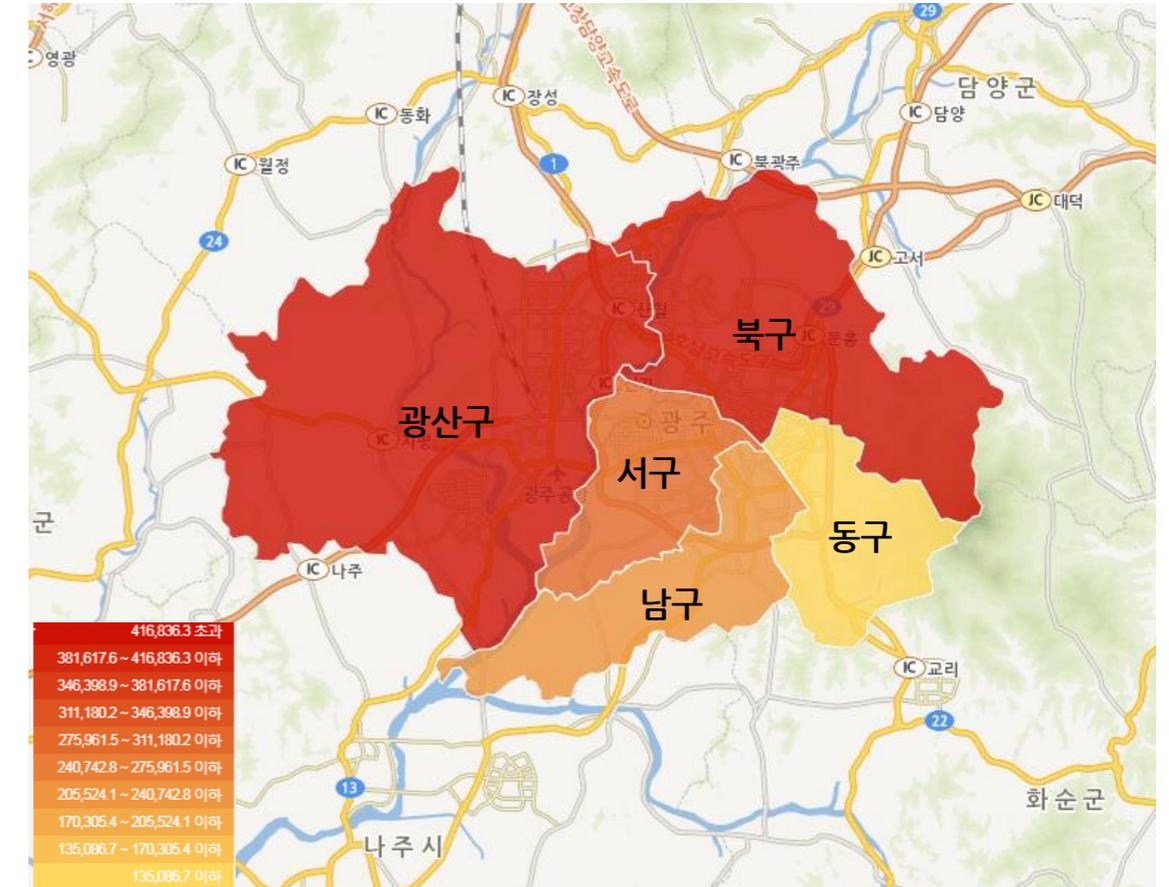
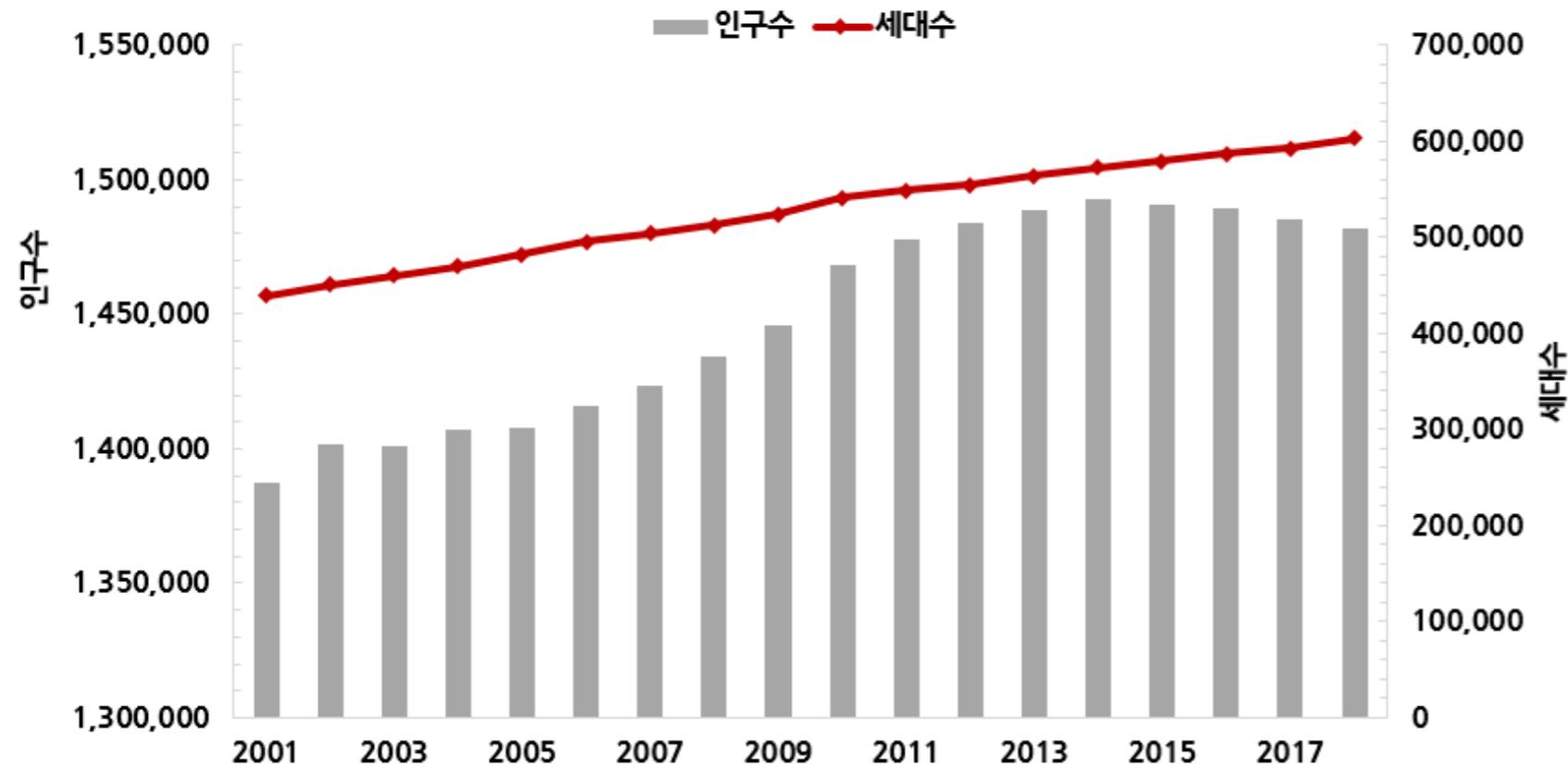


광주광역시 인구

일반현황 : 인구수 및 세대수

- 2014년부터 총 인구수는 감소 추세
- 2016년까지 인구밀도 및 세대수는 꾸준히 증가 → 단위 배출량의 증가
- 에너지 사용 증가 및 도시개발에 따른 건축물 증가, 피복구조 변화 등 유인 예상

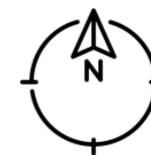
2011-2018 광주광역시 인구수 및 세대수



구분	순위	인구수(명)	비율(%)
북구	1	438,630	30.4
광산구	2	398,174	27.6
서구	3	296,028	20.5
남구	4	213,108	14.8
동구	5	96,540	6.7

*source : 광주광역시 통계연보(2019), 국가공간정보포털(이미지)

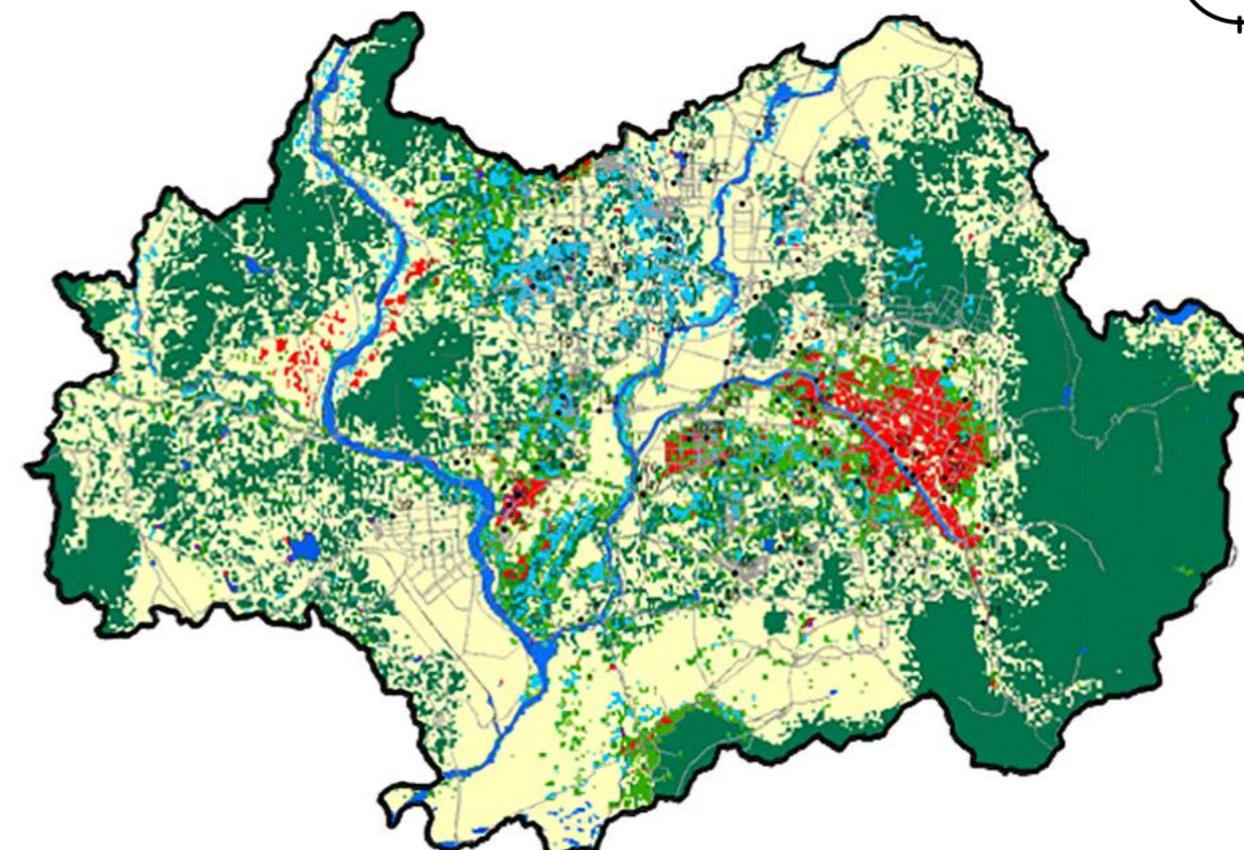
광주광역시 도시개발 변화



토지피복 현황 : 토지피복 상 도시지역의 증가

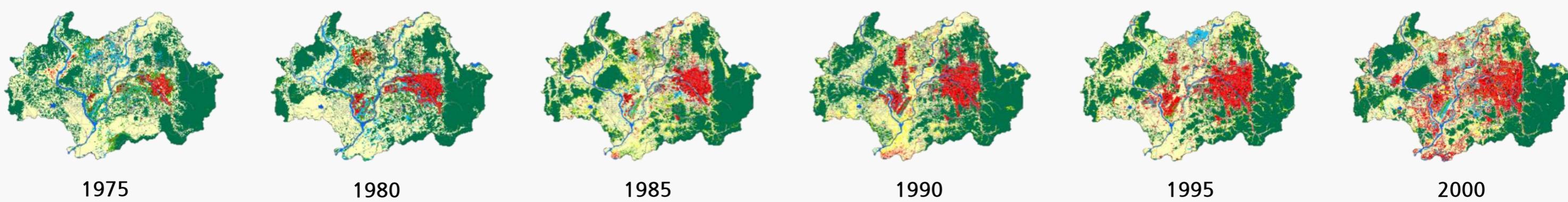
[시가화 건조지역(불투수면적)의 증가] [km², %]

	면적	1980 ~1990	1990 ~2000	1980 ~2000	2018년 기준 불투수 면적(비율)
동구	49.31	1.68 (3.4)	△0.04(△0.1)	1.63(3.3)	8.02 (16.3)
서구	47.76	5.41(11.3)	6.04(12.6)	11.45(24.0)	19.55 (40.9)
남구	61.02	4.36(7.1)	0.78(1.3)	5.14(8.4)	16.42 (26.9)
북구	120.30	14.32(11.9)	4.51(3.7)	18.83(15.7)	29.56 (24.6)
광산구	222.78	17.91(8.0)	15.68(7.0)	33.59(15.1)	45.11 (20.2)
계	501.17	43.68(8.7)	26.96(5.4)	70.64(14.1)	118.66 (23.7)



1975년대

- 수역
- 시가화지역
- 나지
- 습지
- 초지
- 산림지
- 농경지(논)
- 농경지(밭)
- 광역시 경계
- 도로
- 공공수역



1975

1980

1985

1990

1995

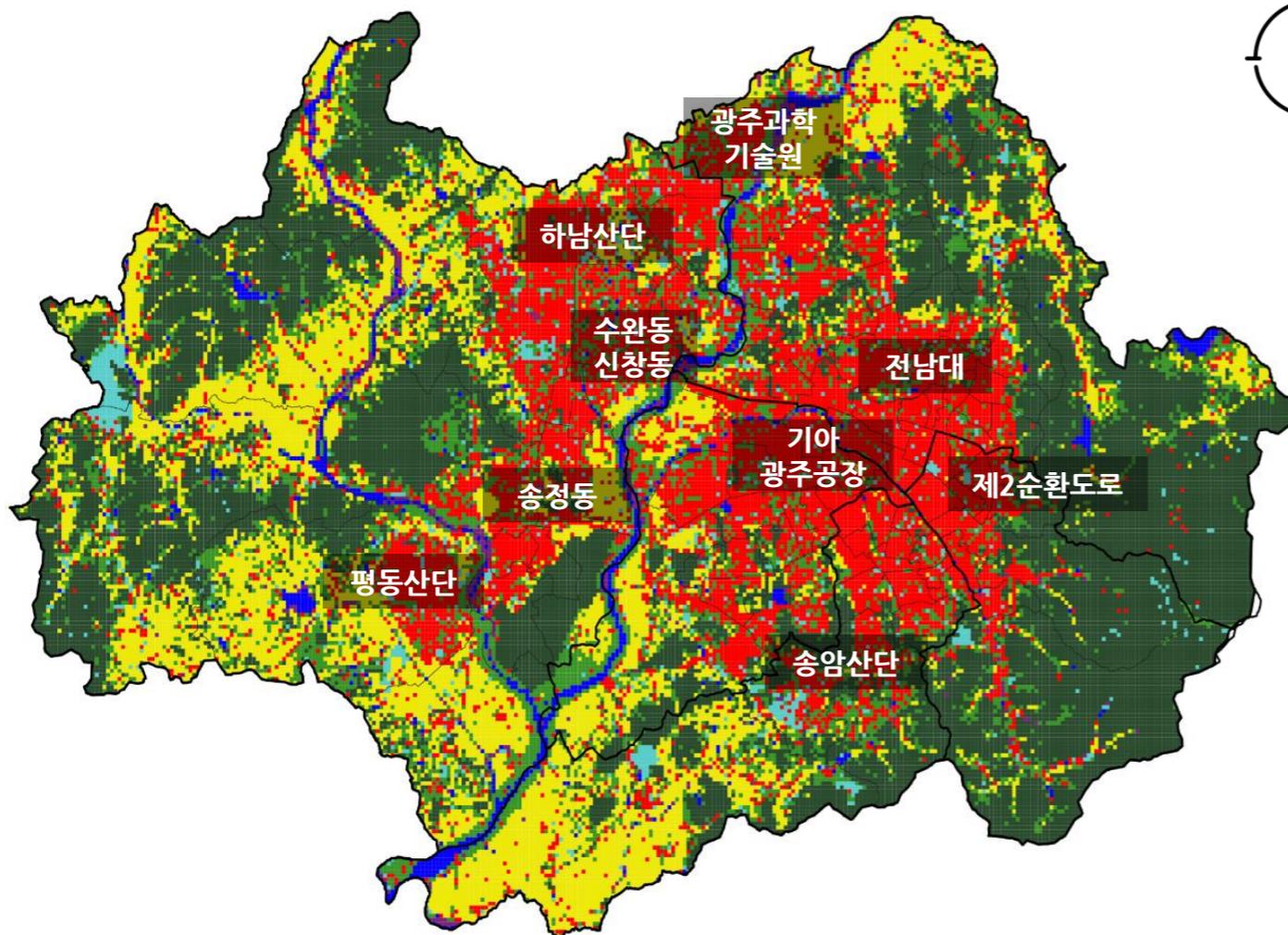
2000

*source : 오병철, 광주 1°C 낮추기 프로젝트, 2019

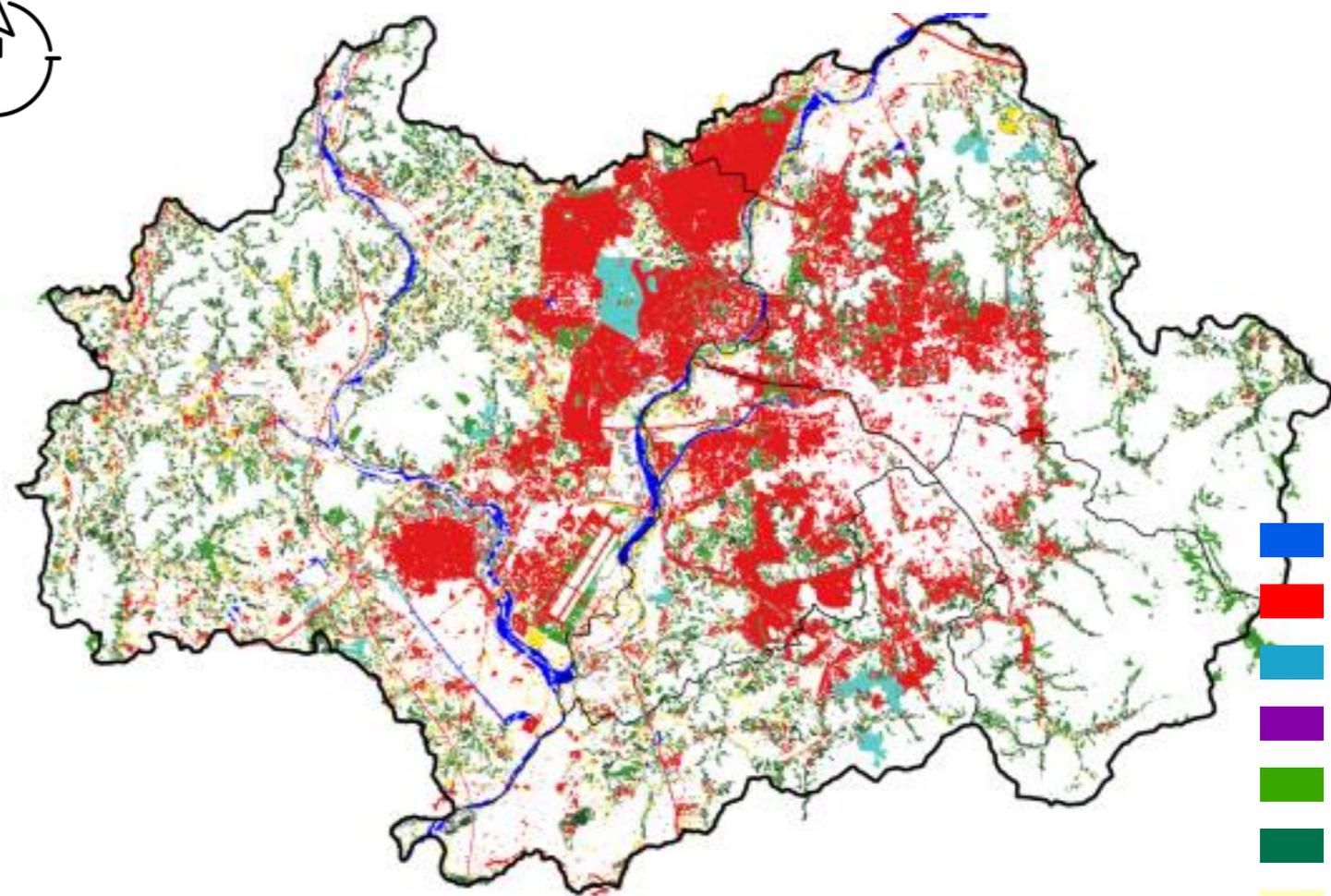
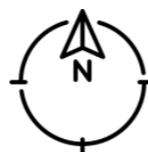


광주광역시 토지피복의 변화

토지피복 현황 : 2018년 기준 대분류



2018년 토지피복도



1980~2000년 토지피복 변화도

- 수역
- 시가화지역
- 나지
- 습지
- 초지
- 산림지
- 농경지(논)
- 농경지(밭)
- 광역시 경계

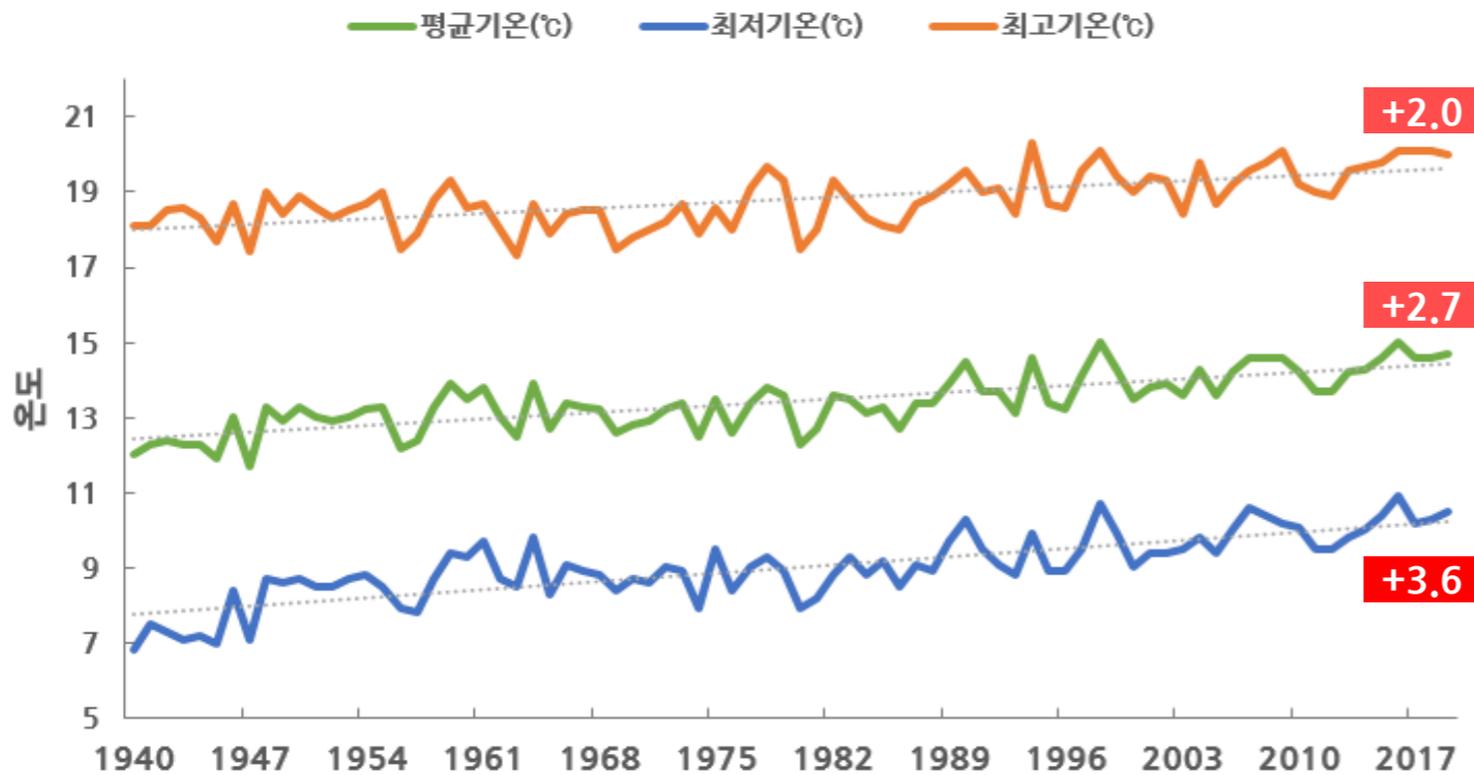
* 증가한 부분의 총합을 나타냄

광주광역시 기온변화 특성

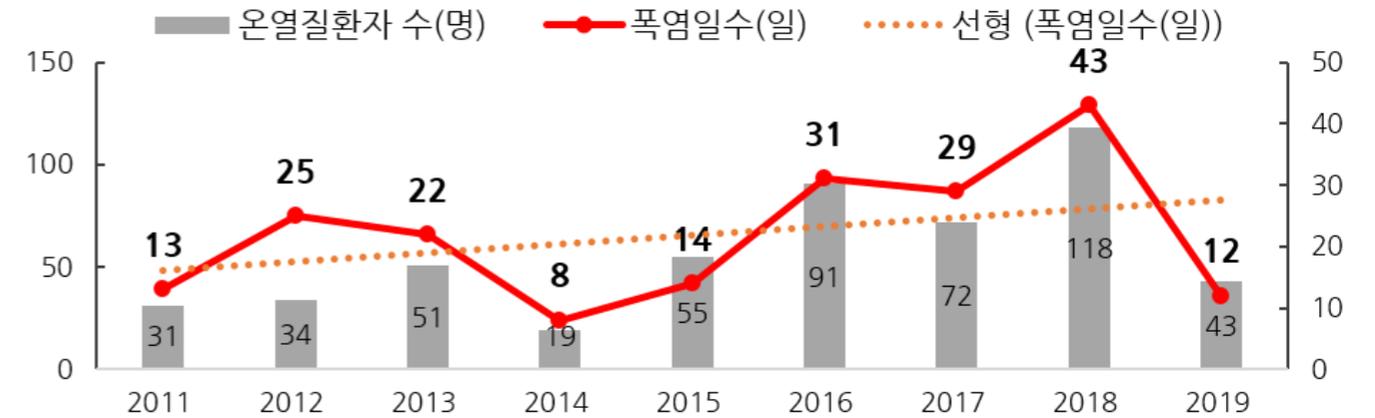
광주시 광주시 '기온', '폭염일수', '열대야일수' → **지속적 증가추세(1940~2018)**

- 폭염일수 : 18일(2005년) → 43일(2018년), **139% ▲**
- 열대야일수 : 14일(2005년) → 30일(2018년), **114% ▲**
- 온열질환자수 : 31일(2011년) → 118명(2018년), **281% ▲**

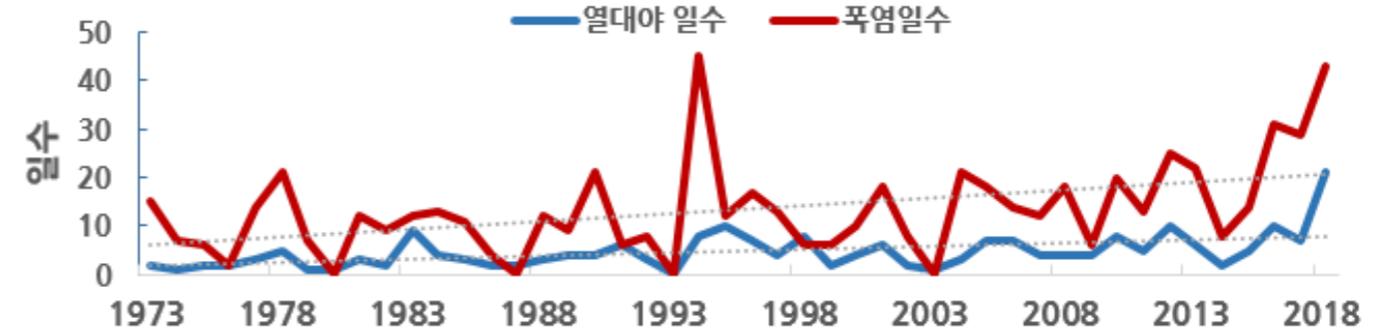
광주광역시 평균기온 변화 (1940-2019)



2011-2019 광주광역시 폭염일수 및 온열질환자



폭염 및 열대야 일수(1973-2018)



구분	일수(일)	최장 지속일수(일)	구분	일수(일)	최장 지속일수(일)
폭염일수	전국 평균	31.5 (평년 10.1)	열대야일수	전국 평균	17.7 (평년 5.3)
	광주	43		광주	30
		20.1 (평년 4.4)		9.5 (평년 2.0)	
		36		21	

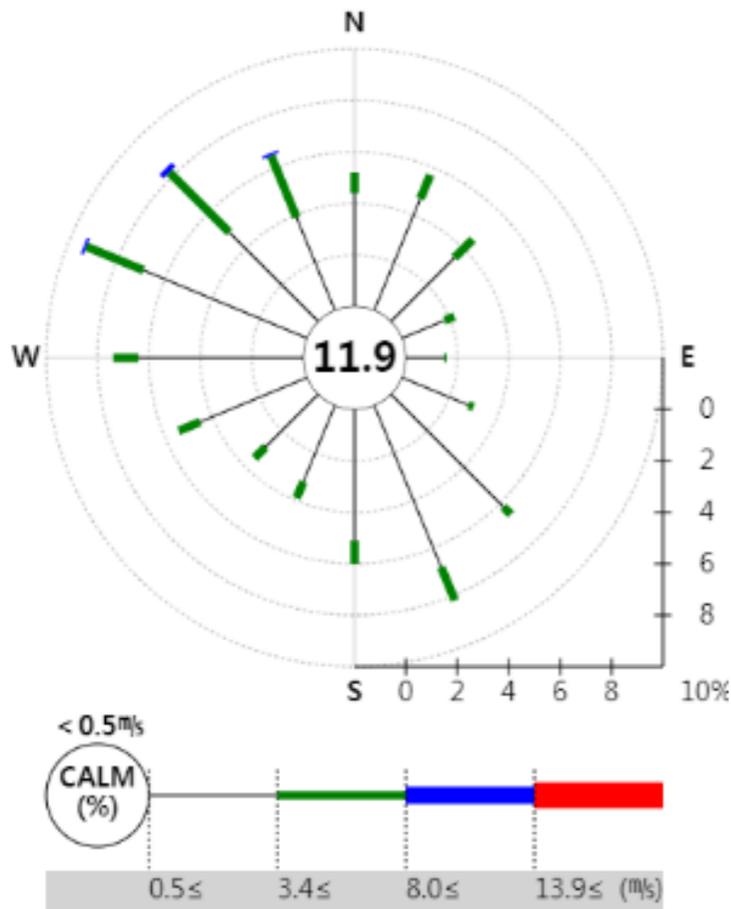
*source : 기후정보포털

광주광역시 바람의 특성

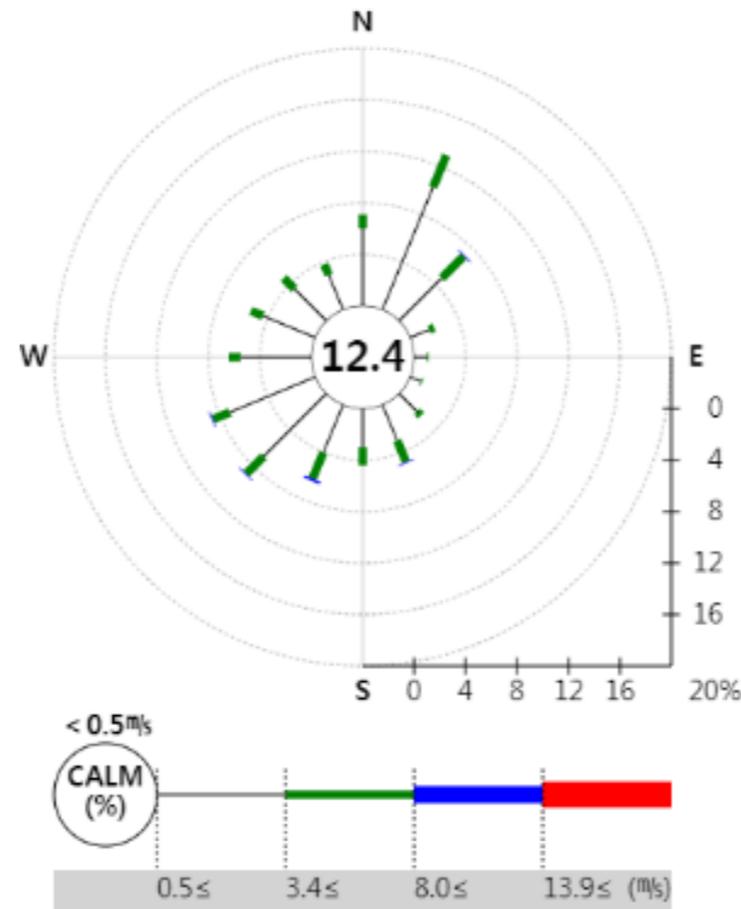
■ 주풍향변화 : 1980 - 2020, 10년 단위

- 1980 ~ 1990 10년간 주 풍향은 북서/남동풍 → 1990년 이후 북동/남서풍으로 변화
- 최근 여름철 주 풍향은 남서풍으로 확인되며, 바람도 약해지고 있음

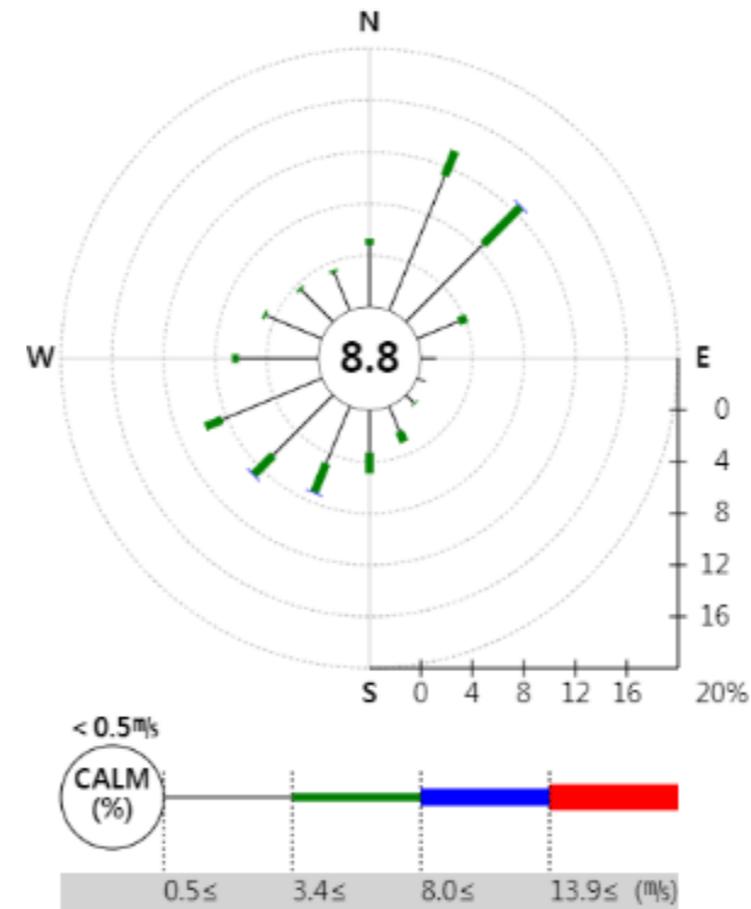
[1980 - 1990]



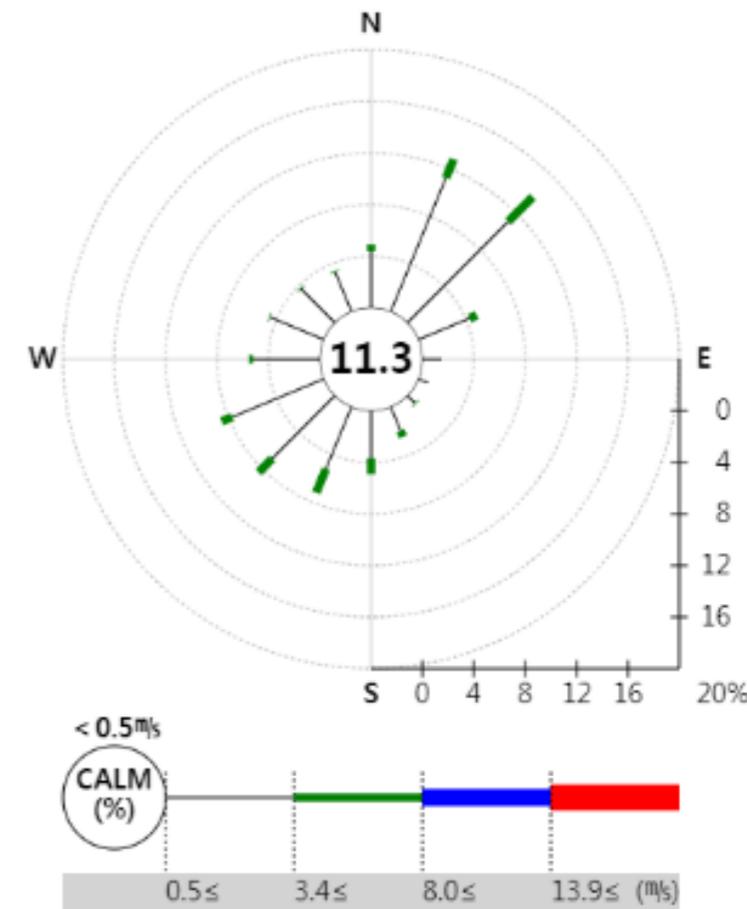
[1990 - 2000]



[2000 - 2010]

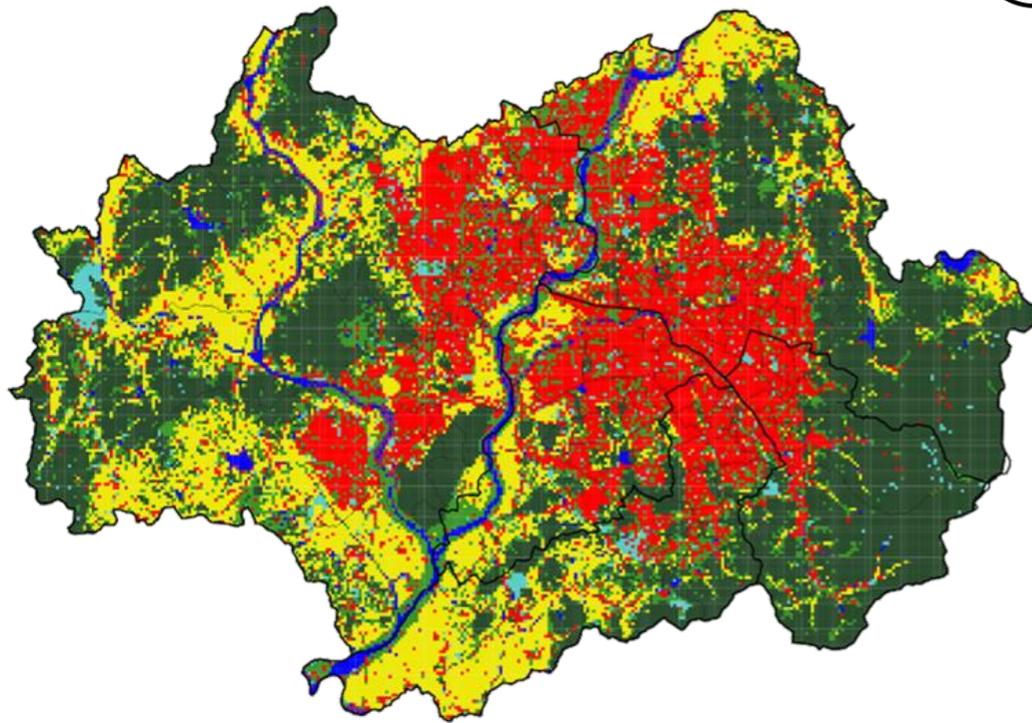


[2010 - 2020]

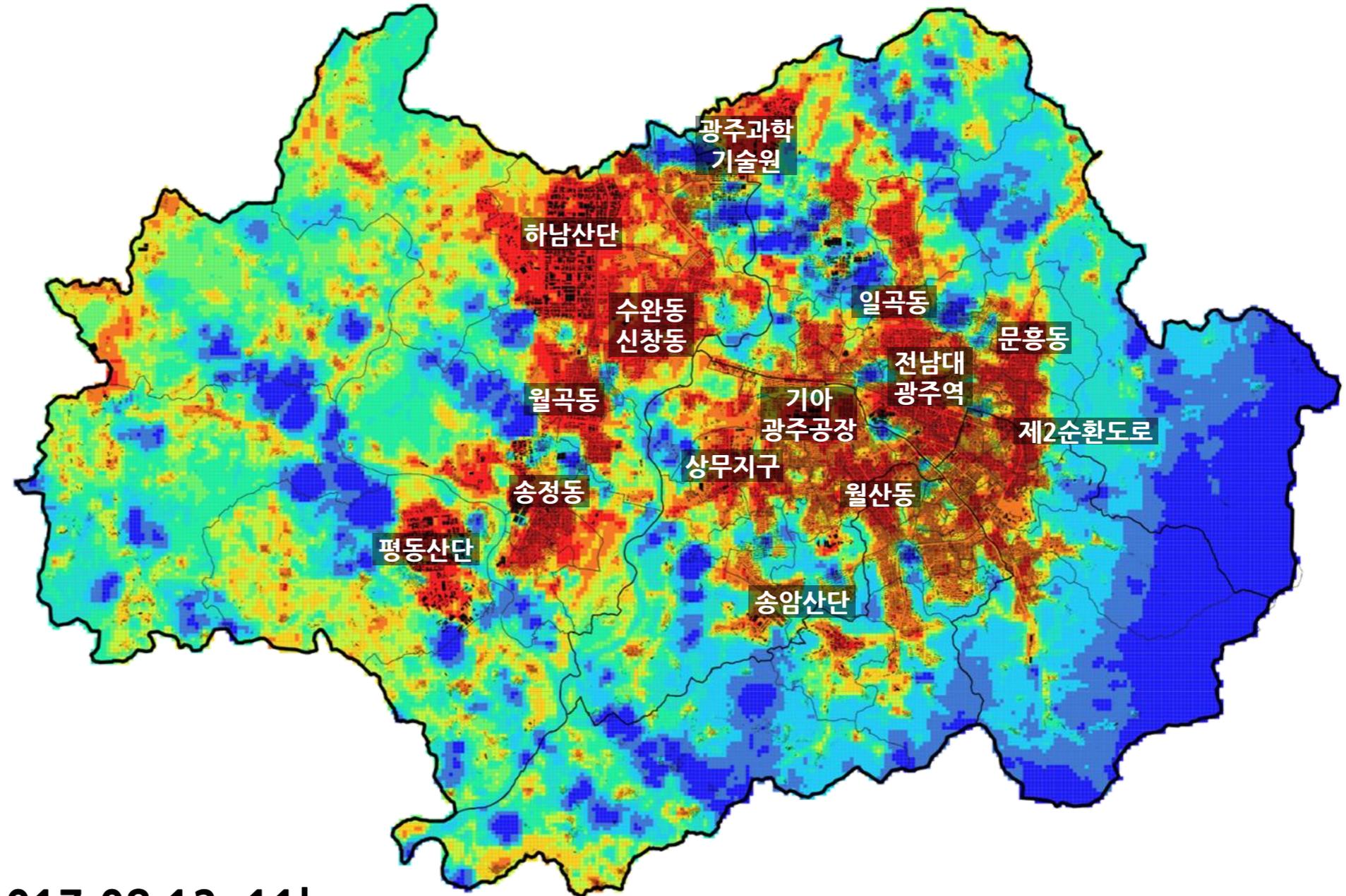


광주광역시 폭염 세부분석 방법_1

지표면 온도의 위성영상(Landsat8)



2018년 토지피복도



2017.08.12. 11h

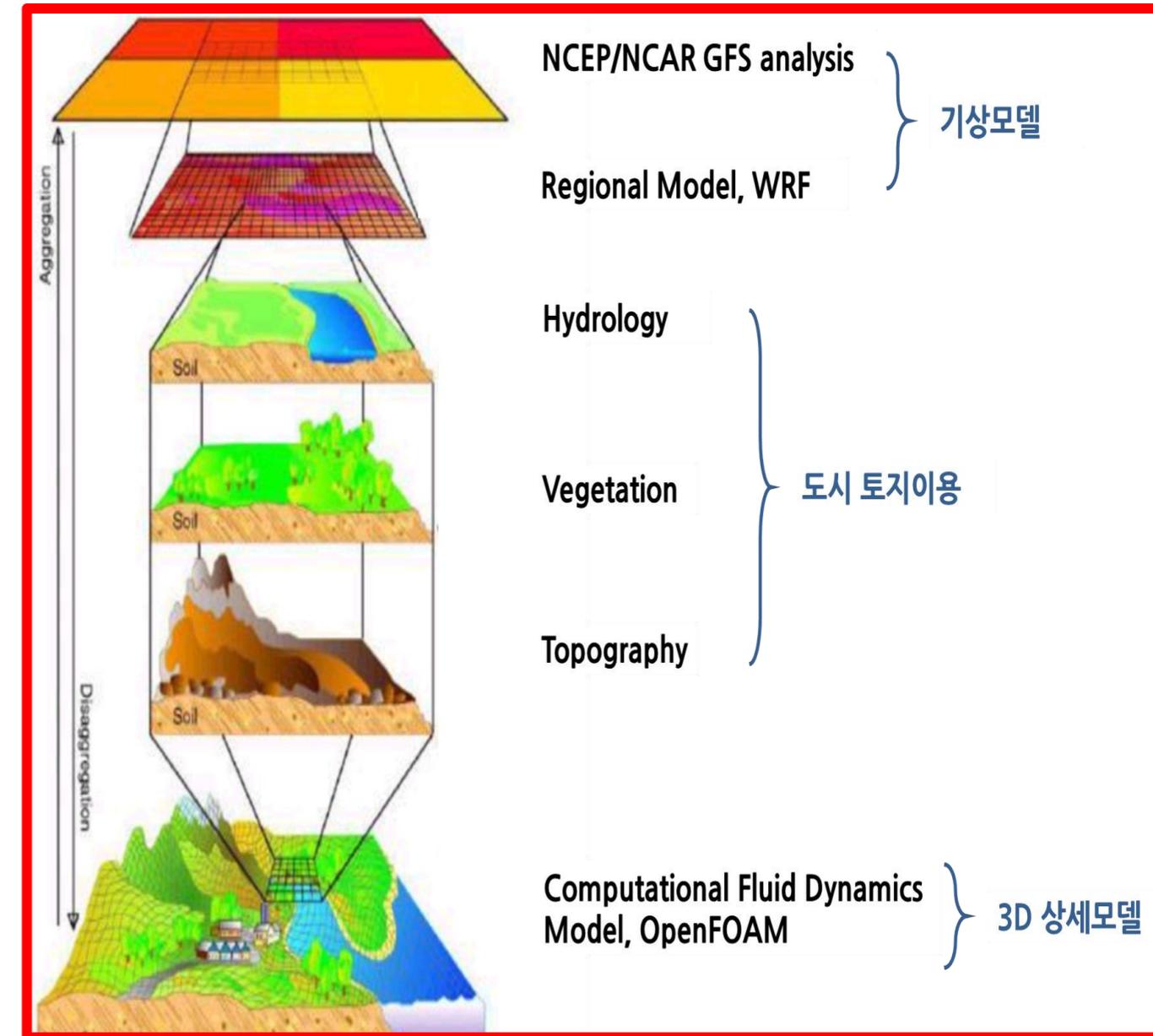
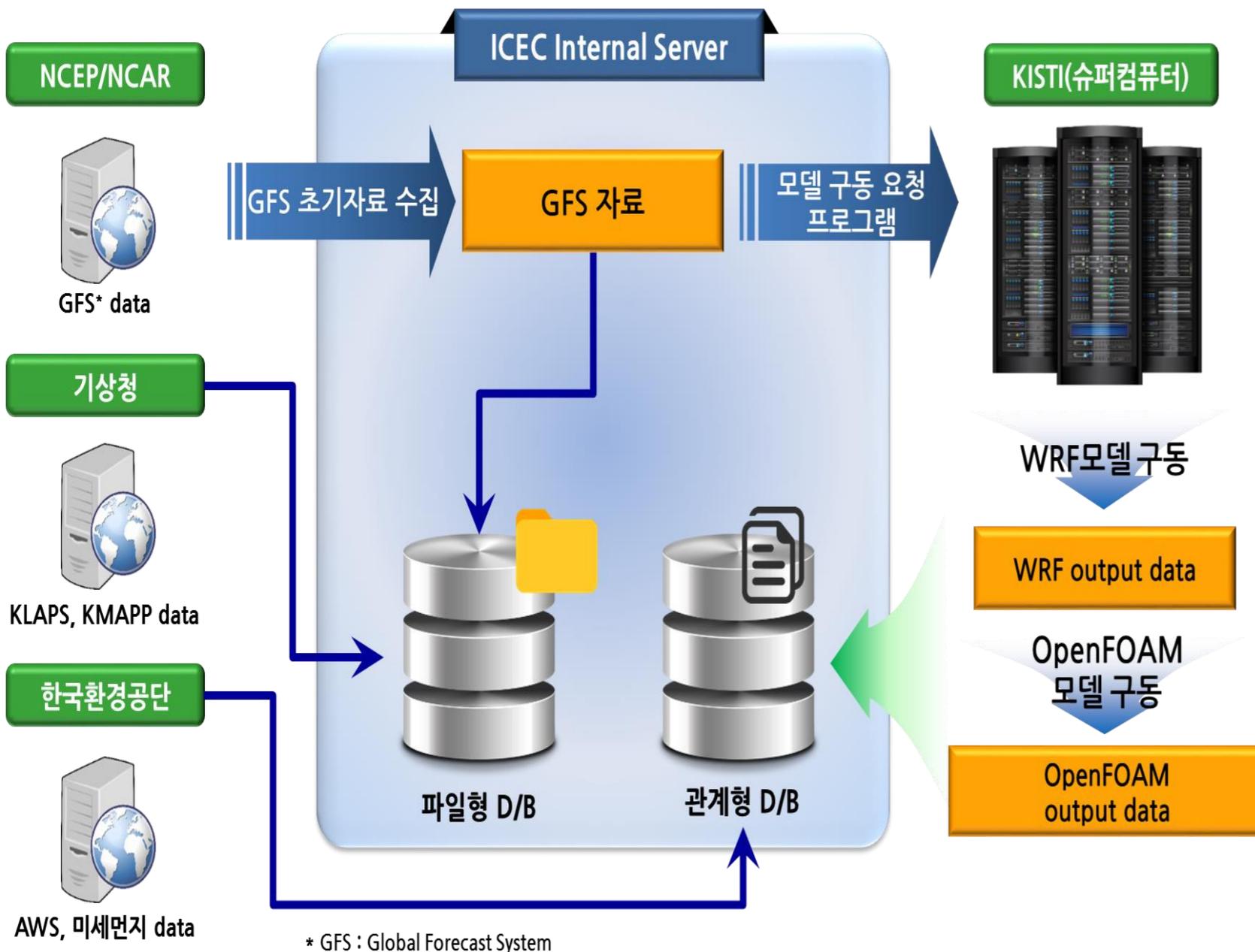
17.78 29.29 30.34 32.21 34.09 46.14 [°C]



*source : 환경부 공간정보, Landsat8 위성영상 GIS 활용 연구진 재작성

광주광역시 폭염 세부분석 방법_2

도시평가모델시스템 (Urban Assessment Model System)



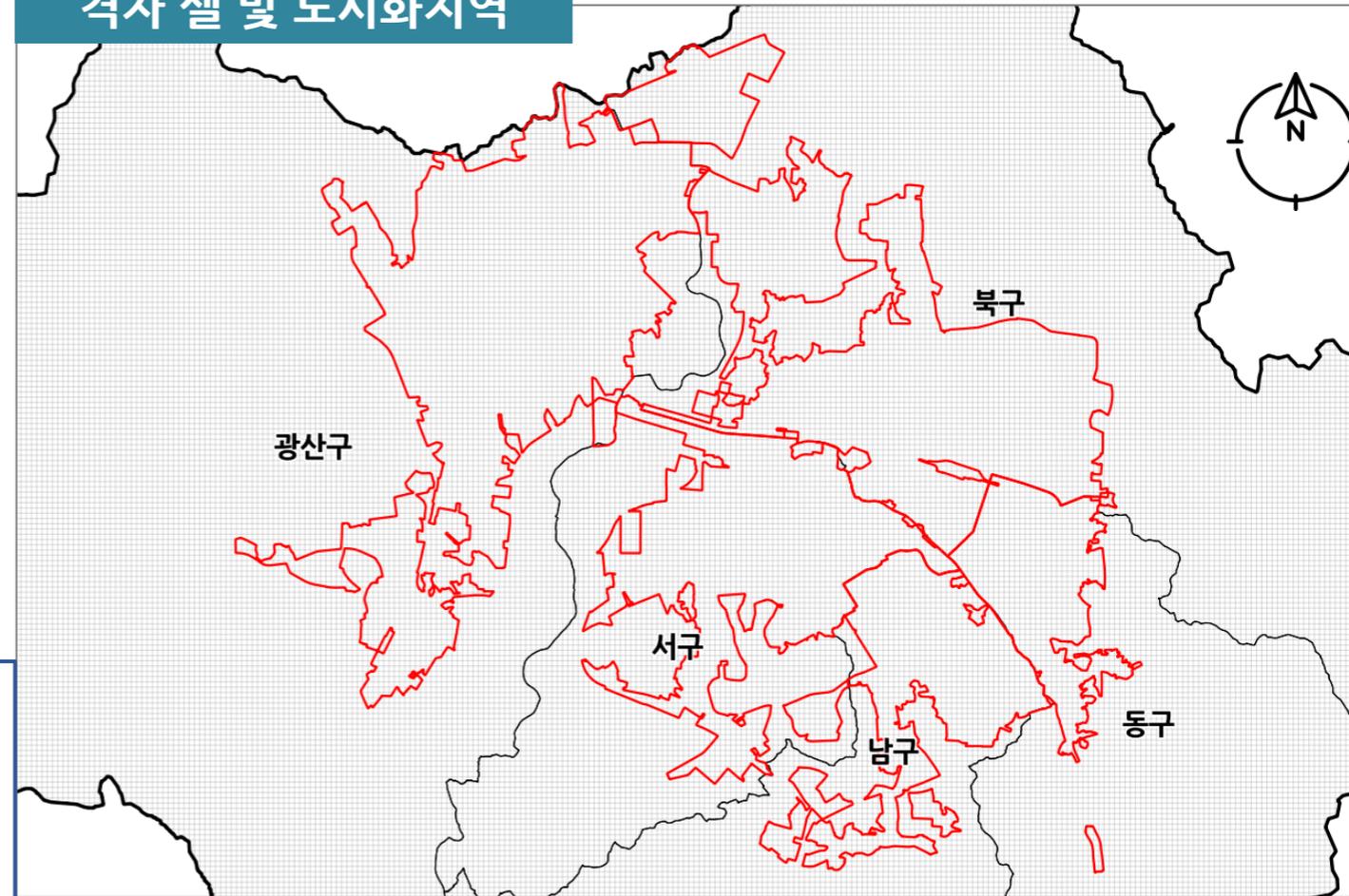
광주광역시 폭염 세부분석 방법_3

공간정보시스템; GIS 활용

- 인구밀도, 건축물 정보, 도로, 토지피복도 등 연동 분석
- 도시평가모델 결과와 연동
- 폭염 집중지역 및 폭염 취약지역 추출
→ 지역의 취약/중점 지역 선정, 저감 시설 설치 지역 선정

- 광주광역시 격자 : 50,605개
- 도시화지역 격자 : 12,293개
- ※ 격자 size 100m × 100m

격자 셀 및 도시화지역

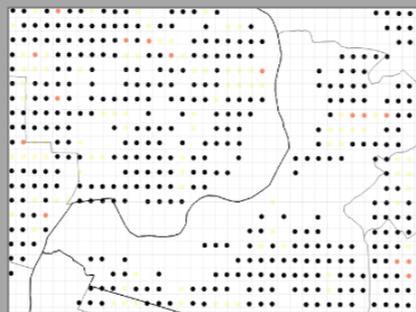


데이터 가공 예시

Date	nlon	nlat	T	U	V
2017-08-01 12:00	126.65	35.05	31.34728	-1.22275	1.959874
2017-08-01 12:00	126.651	35.05	31.21505	-1.22179	1.958995
2017-08-01 12:00	126.652	35.05	31.10872	-1.22084	1.958112
2017-08-01 12:00	126.653	35.05	31.00239	-1.21988	1.957229
2017-08-01 12:00	126.654	35.05	30.88215	-1.21893	1.956348
2017-08-01 12:00	126.655	35.05	30.8732	-1.21796	1.955464
2017-08-01 12:00	126.656	35.05	30.87548	-1.21699	1.954578
2017-08-01 12:00	126.657	35.05	30.87775	-1.21602	1.953692
2017-08-01 12:00	126.658	35.05	30.91113	-1.21506	1.952805
2017-08-01 12:00	126.659	35.05	30.95208	-1.2141	1.951918
2017-08-01 12:00	126.66	35.05	30.99066	-1.21314	1.951031
2017-08-01 12:00	126.661	35.05	31.00172	-1.21219	1.950144
2017-08-01 12:00	126.662	35.05	30.99698	-1.21124	1.949256
2017-08-01 12:00	126.663	35.05	30.99223	-1.21029	1.948368
2017-08-01 12:00	126.664	35.05	30.96986	-1.20933	1.94748
2017-08-01 12:00	126.665	35.05	30.9124	-1.20835	1.946591

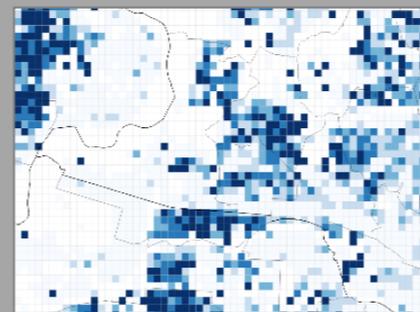
텍스트 데이터

or



포인트 데이터

»

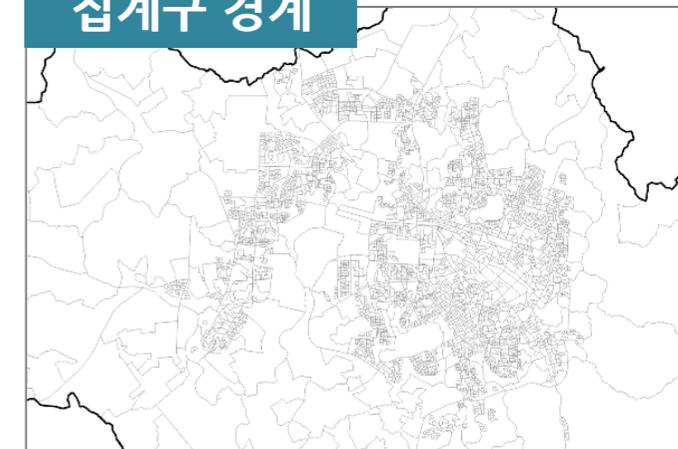


100m × 100m 격자 데이터

행정동 경계



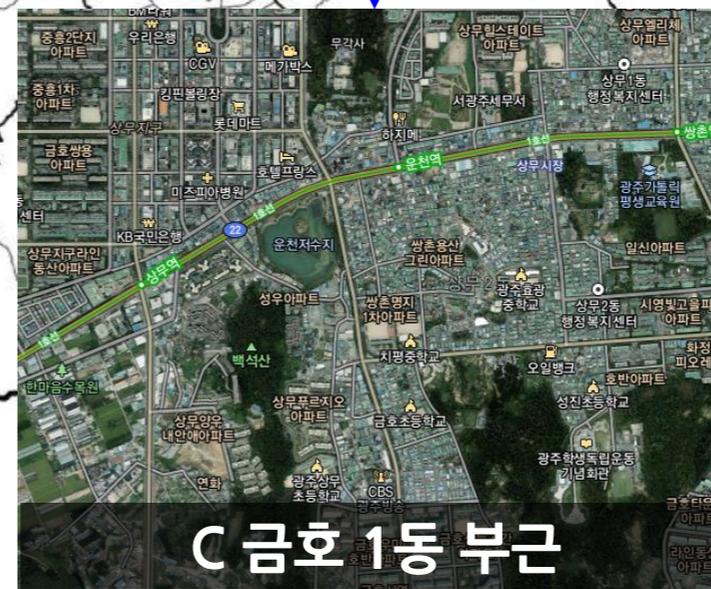
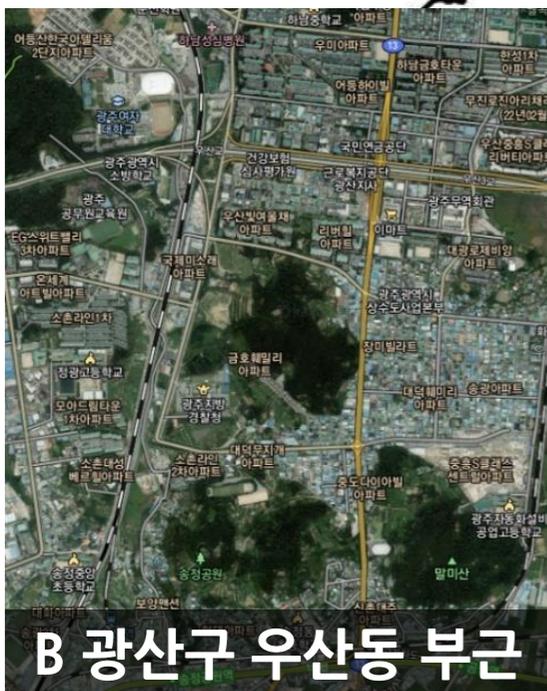
집계구 경계



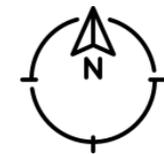
*source : 국가공간정보포털 데이터 경계

광주광역시 폭염 세부분석 결과_1

폭염 집중지역 : 2017-2019, 3년간 '최고온도 35°C 이상', '상대습도 60% 이상'



2일 연속
3일 연속



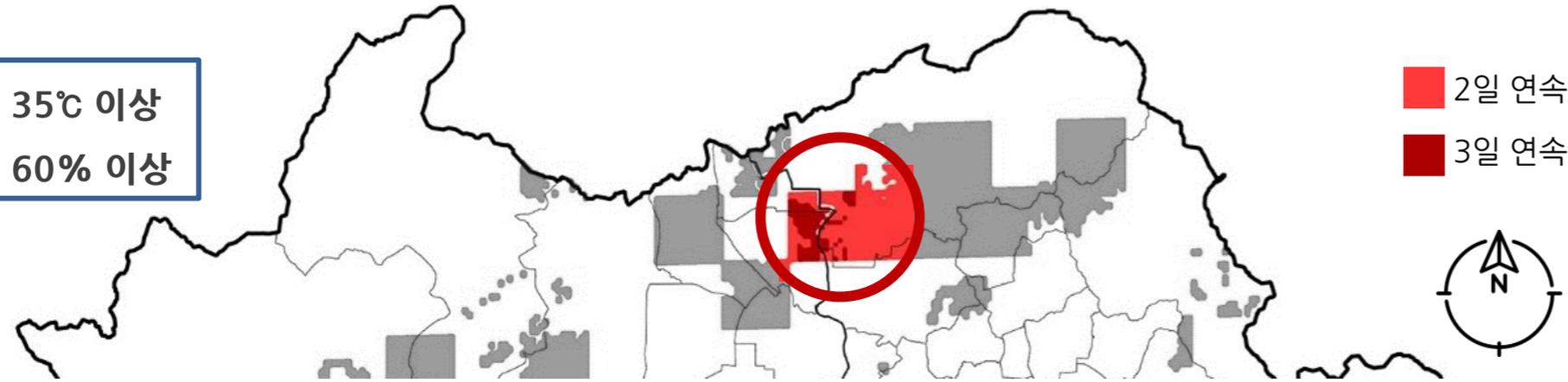
*source : 기상청 KMAPP 활용

광주광역시 폭염 세부분석 결과_1

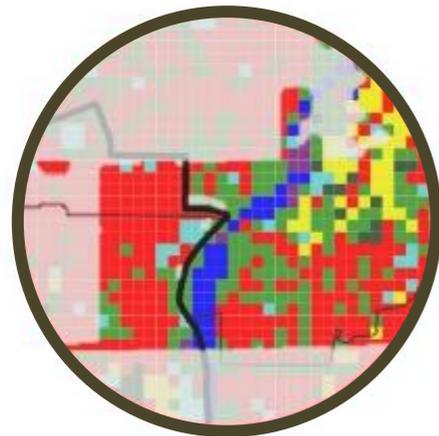
광주 폭염집중지역 특징 : A 첨단 1·2지구 일대

- 지표면온도 : 구역 전체적으로 낮은편 → 토지피복상 수역(영산강), 수변 녹지의 영향
- 수변공간 양쪽으로 아파트 등 주거시설 분포, 콘크리트 구조 건축물 비율 높음

- 기온 35℃ 이상
- 습도 60% 이상

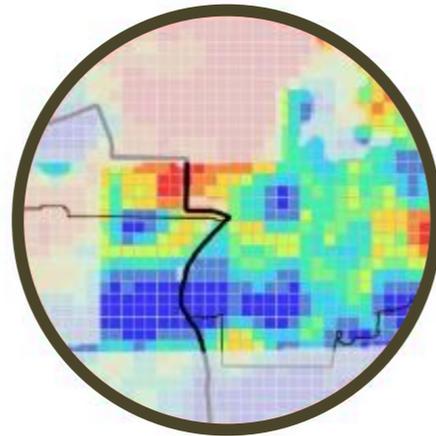


[토지 피복]



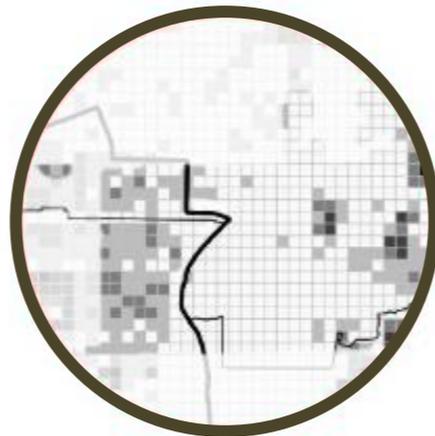
- 아파트 밀집 지역
- 영산강, 녹지포함

[지표면 온도]



- 오전시간대 32℃ 이하로 상대적으로 낮은 편

[건축물 개수]



- 수변공간 양쪽으로 아파트 분포

[건축물 구조]



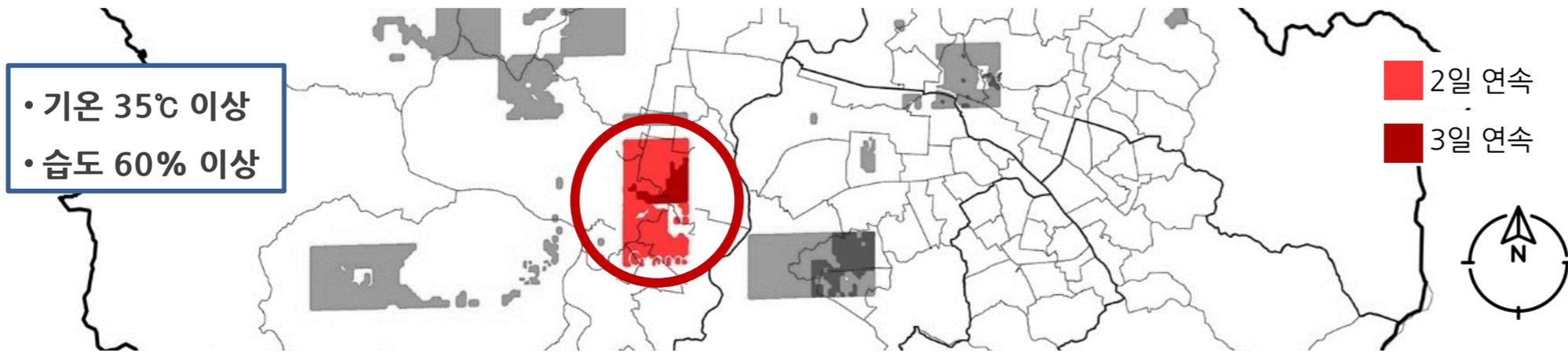
- 콘크리트구조 건축물 60% 이상 분포

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

광주광역시 폭염 세부분석 결과_1

광주 폭염집중지역 특징 : B 광산구 우산동 일대

- 지표면 온도 : 산지를 제외한 시가화지역의 온도가 확연히 높음
- 산지 기준 북쪽(건축물 개수↓, 콘크리트 구조)이 남쪽(건축물 개수↑, 조적 구조)보다 지표면 온도가 높음

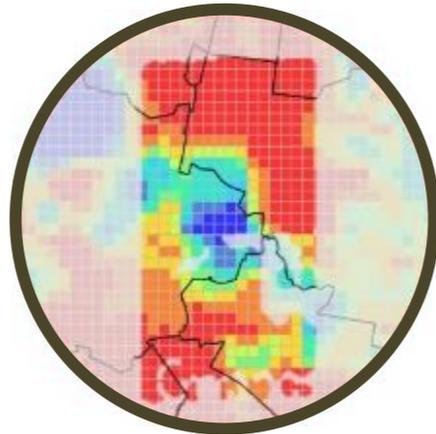


[토지 피복]



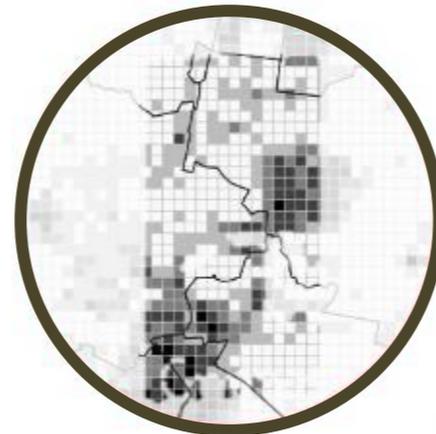
- 아파트 밀집 지역
- 산지, 녹지 포함

[지표면 온도]



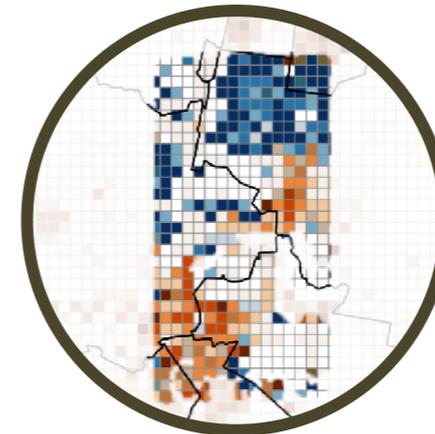
- (산지지역) 32°C이하
- (시가화) 35-40°C

[건축물 개수]



- 산지지역 위아래로 주거시설 등 분포

[건축물 구조]



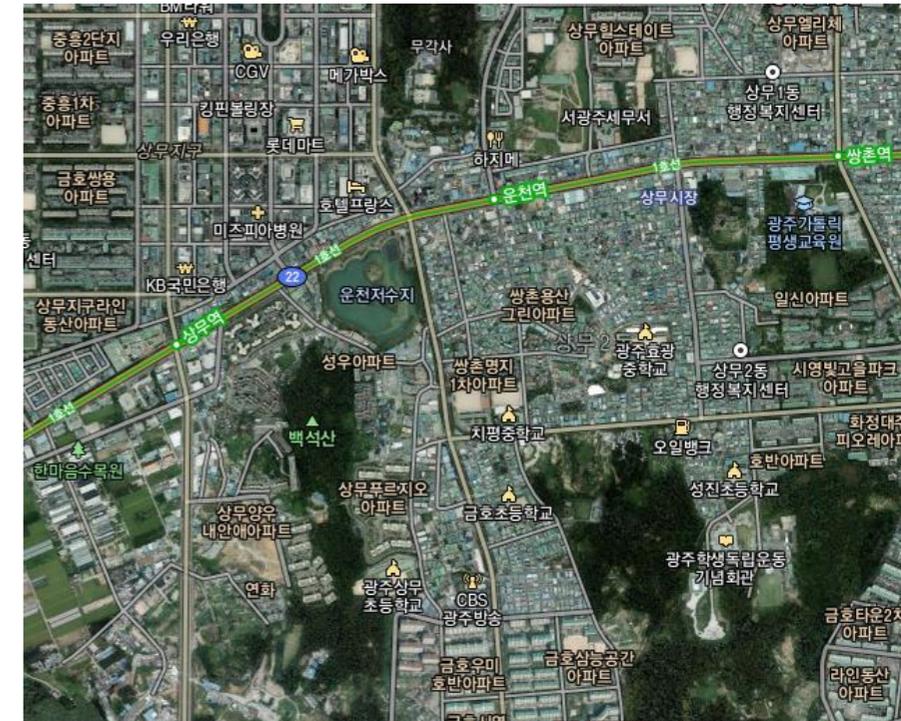
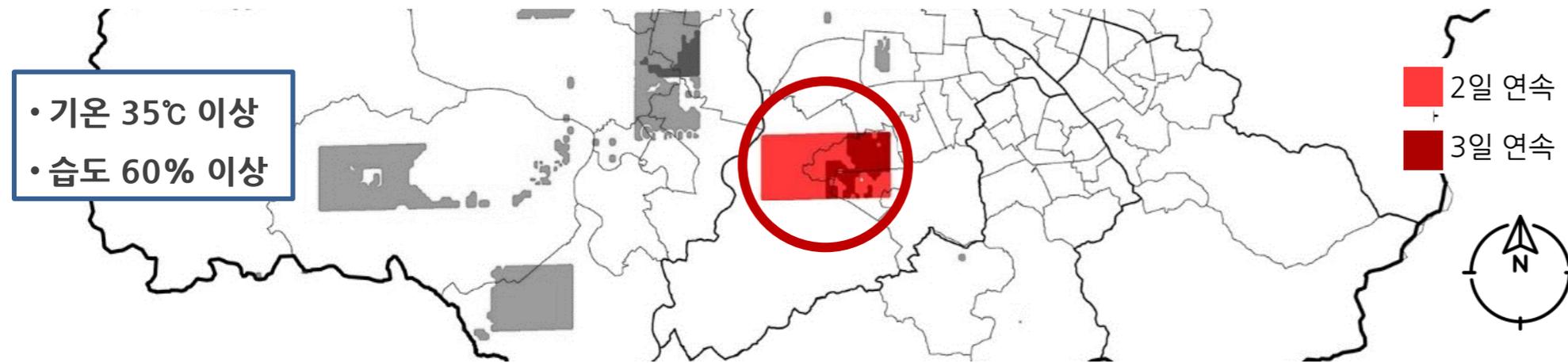
- (산지북쪽) 콘크리트
- (산지남쪽) 조적

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

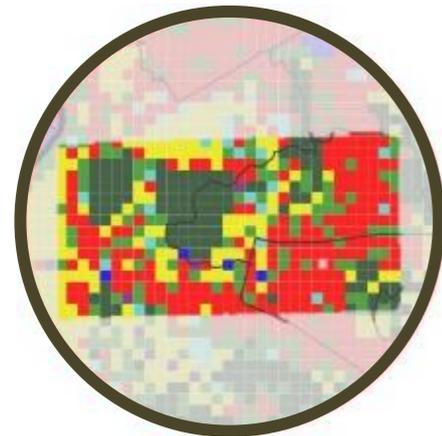
광주광역시 폭염 세부분석 결과_1

광주 폭염집중지역 특징 : C 금호 1동 일대

- 백석산을 포함한 지역으로 산지지역을 포함하여 지표면 온도가 상대적으로 낮음
- 아파트 밀집지역이자 콘크리트 구조 밀집지역에서 폭염현상 집중(3일 연속)

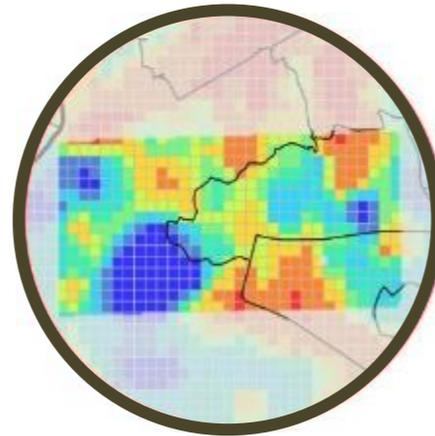


[토지 피복]



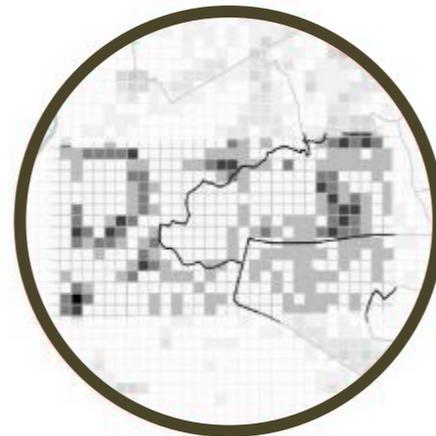
- 아파트 밀집 지역
- 백석산 부근

[지표면 온도]



- (산지지역) 32°C이하
- (시가화) 35-40°C

[건축물 개수]



- 백석산 양쪽으로 아파트, 주거시설 분포

[건축물 구조]



- 콘크리트 구조 밀집 지역에 폭염 집중지역(3일 연속)

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

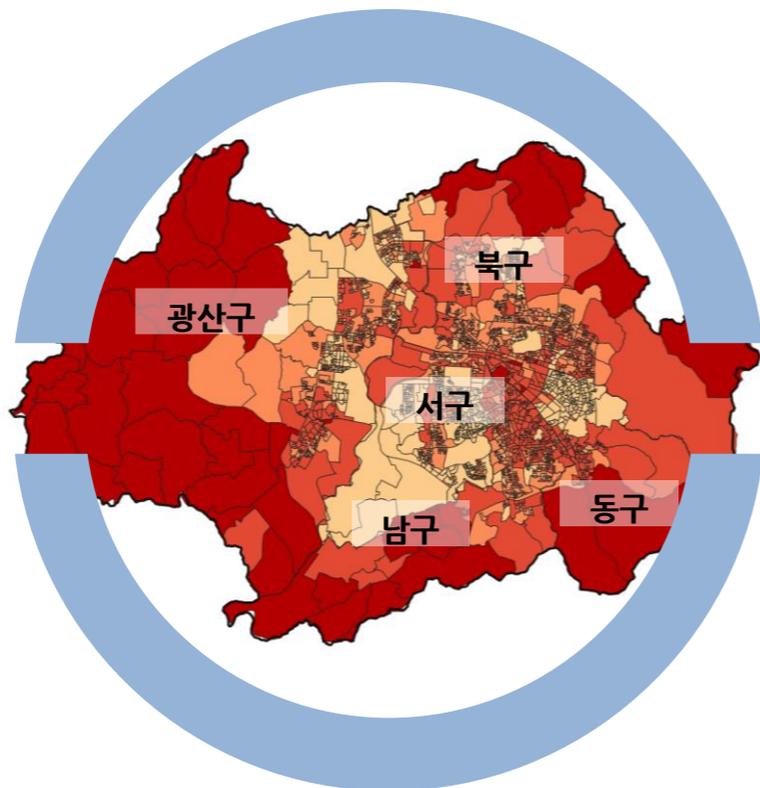
광주광역시 폭염 세부분석 결과_2

폭염재해 취약성 평가(@ 광주시 재해방재계획 중)

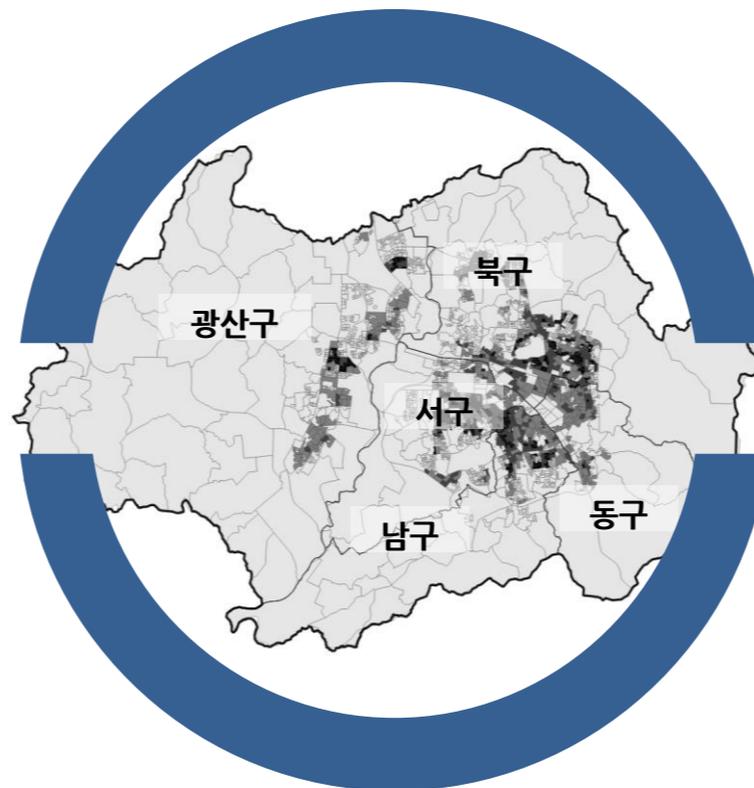
- (취약계층) 집계구 내 65세 이상 노인 및 5세 미만 어린이 인구수
- (건축물) 보육시설, 요양시설, 경로당, 장애인보호시설, 노숙자쉼터
- (기반시설) 집계구 내 도로

- 집계구란?
 - 통계분석을 위한 최소 단위 경계
 - 인구규모 약 500명

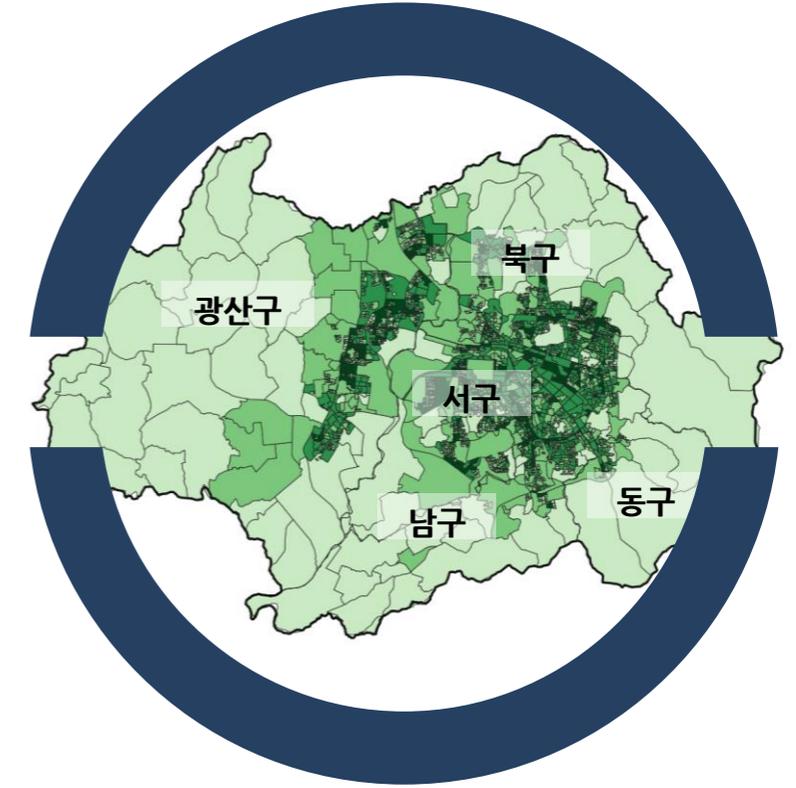
취약계층



노후건축물



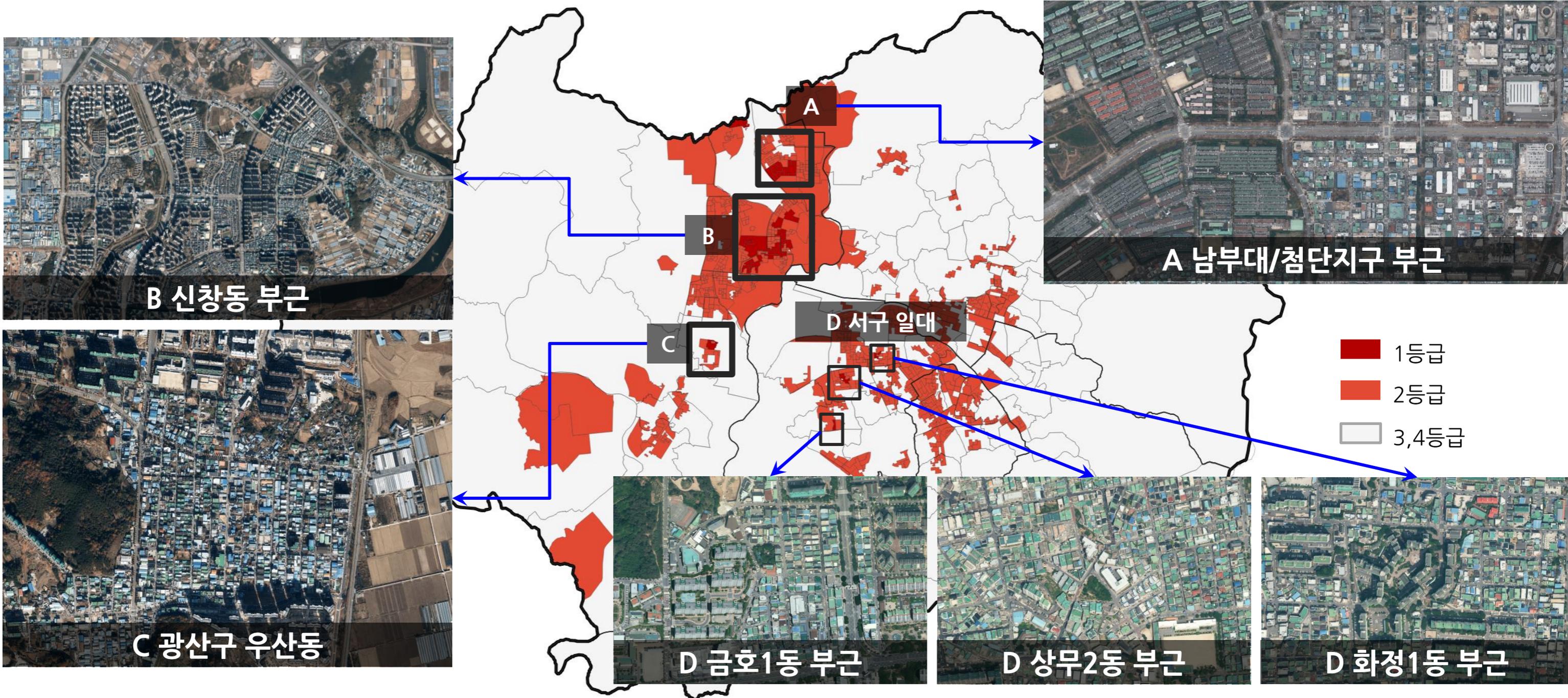
기반시설



광주광역시 폭염 세부분석 결과_2



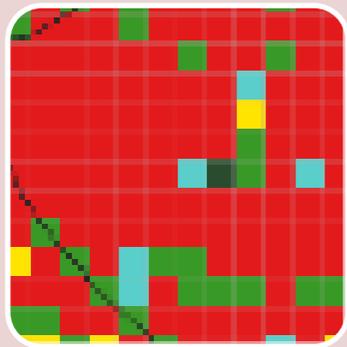
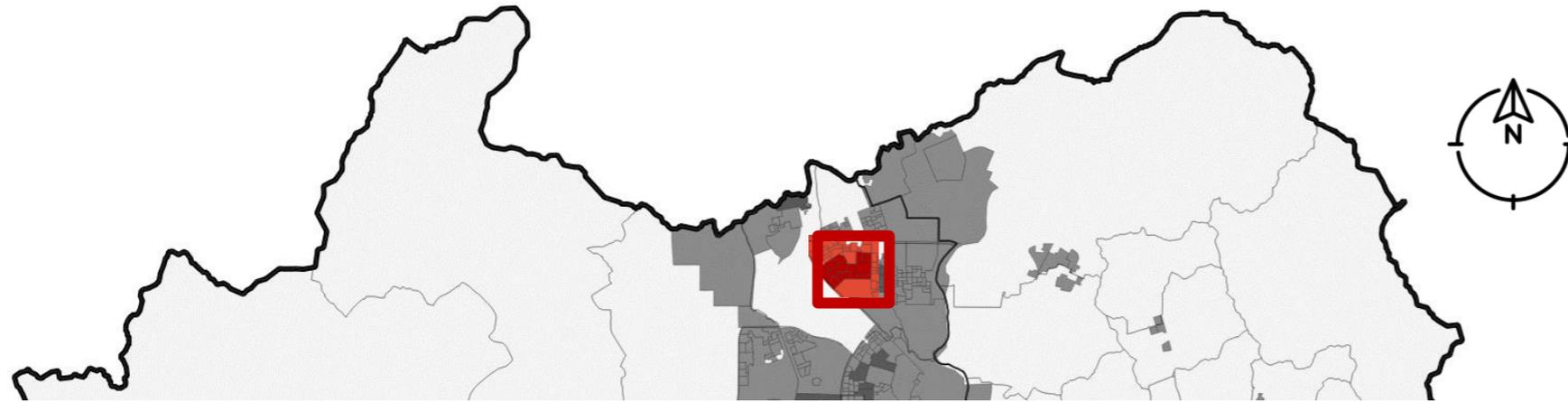
폭염 취약지역 : 폭염 재해취약성 평가결과 기반



광주광역시 폭염 세부분석 결과_2

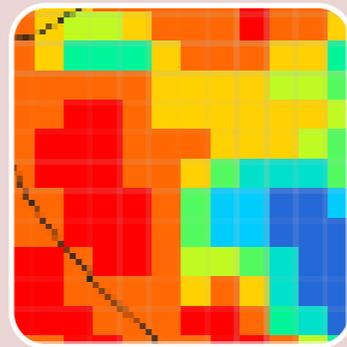
광주 폭염 취약지역 특성 : A 남부대/첨단지구 일대

- 첨단지구 일대 : 대부분 2등급 이내의 취약지역, 콘크리트 건축물이 주를 이룸
- 지표면 온도 낮은 편 → 부근의 수변공간 및 녹지에 의한 것으로 추정



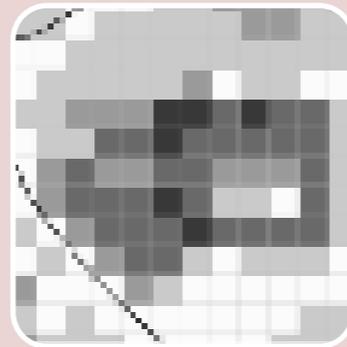
토지 피복

- 소규모 녹지를 포함한 시가화 건조지역



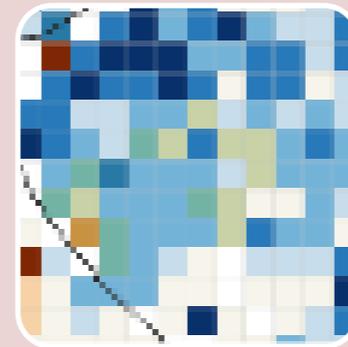
지표면온도

- (녹지주변) 32°C이하
- (시가화): 35-40°C



건축물 개수

- 아파트 및 단독주택, 상업건물 밀도 높게 분포



건축물 구조

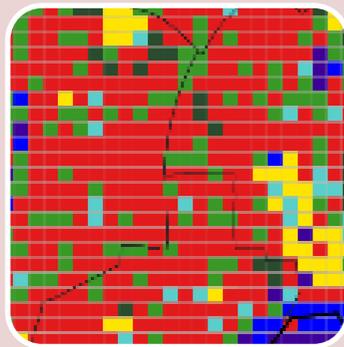
- 해당 지역 건축물 대부분 콘크리트 구조

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

광주광역시 폭염 세부분석 결과_2

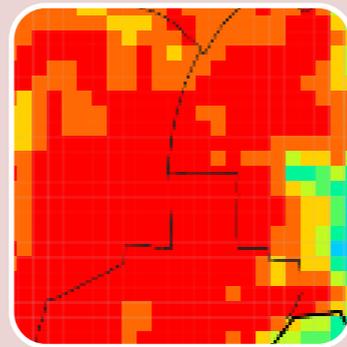
광주 폭염 취약지역 특성 : B 광산구 신창동 일대

- 시가화 건조지역과 소규모 녹지로 이루어짐, 격자 내 조적 구조 건축물이 많음
- 지표면 온도는 39~46°C로 가장 높은 지역



토지 피복

- 아파트 밀집 지역
- 소규모 녹지 분포



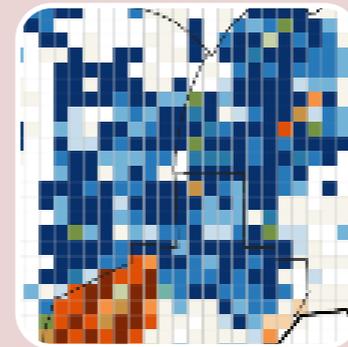
지표면온도

- (구역전체) 39~46°C



건축물 개수

- 구역 남쪽에 건축물 다량 밀집



건축물 구조

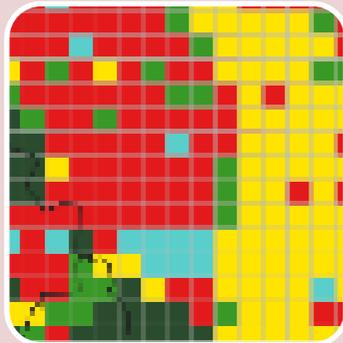
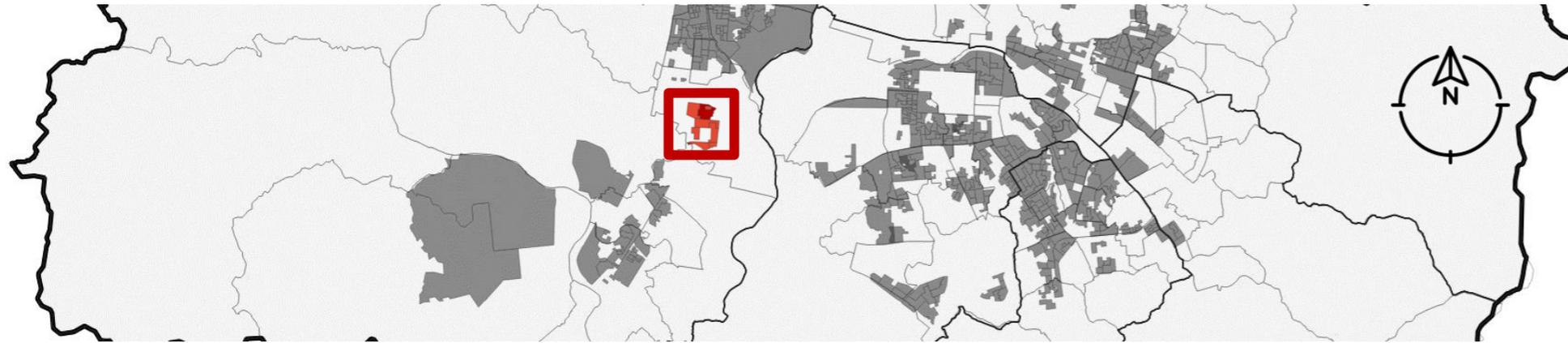
- 건축물 개수가 많은 구역 하단의 대부분 조적구조

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

광주광역시 폭염 세부분석 결과_2

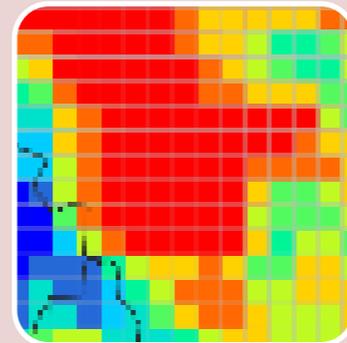
광주 폭염 취약지역 특성 : C 광산구 우산동 일대

- 산 아래 위치한 저층 주택 밀집지역이자 노후 건축물의 비율이 높음
- 폭염 집중지역 중 B 지역과 유사한 형태, 폭염 집중지역이자 취약지역 → 대응책 마련 시급



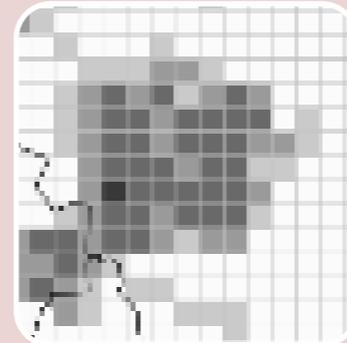
토지 피복

- 산 아래에 위치
- 저층 주택 밀집지역



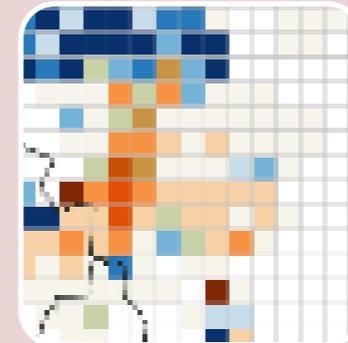
지표면온도

- (산지주변) 30°C 이하
- (구역 내) 39-46°C



건축물 개수

- 산지지역 아래로 노후주택 등 주거건축물 밀집



건축물 구조

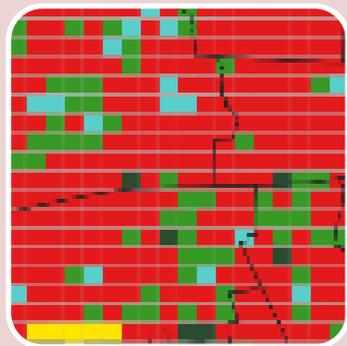
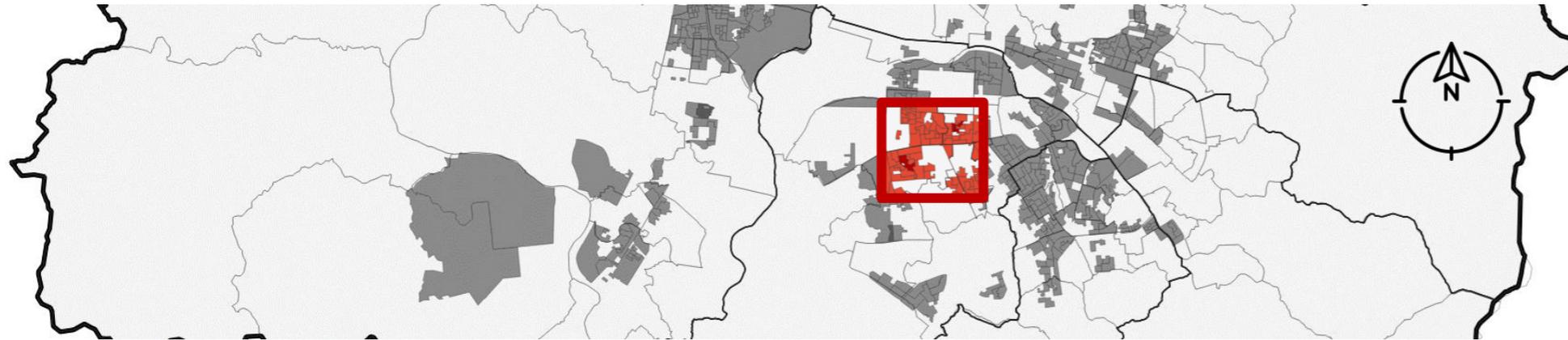
- 콘크리트 및 조적구조 유사분포

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

광주광역시 폭염 세부분석 결과_2

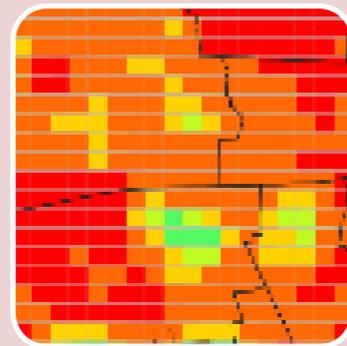
광주 폭염 취약지역 특성 : D 서구 일대

- 서구 금호동, 상무동, 화정동 내 1등급 취약지역 위치, 표면온도 35℃ 이상, 건축물 노후도 높음(81%)
- 금호 1동의 1등급 지역은 폭염집중지역중 C지역과 유사한 형태 → 대응책 마련 시급



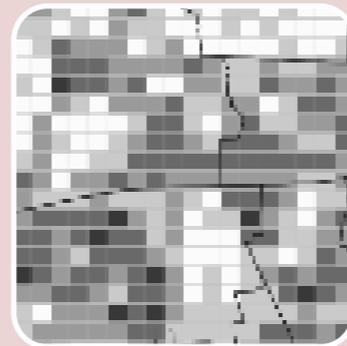
토지 피복

- 지역내 산이 포함됨
- 주거단지 밀집지역



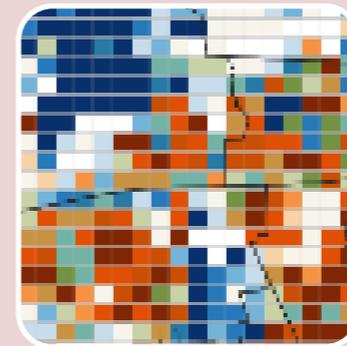
지표면온도

- (녹지부근) 32℃이하
- (시가화) : 35-40℃



건축물 개수

- 주택 위주 밀집지역



건축물 구조

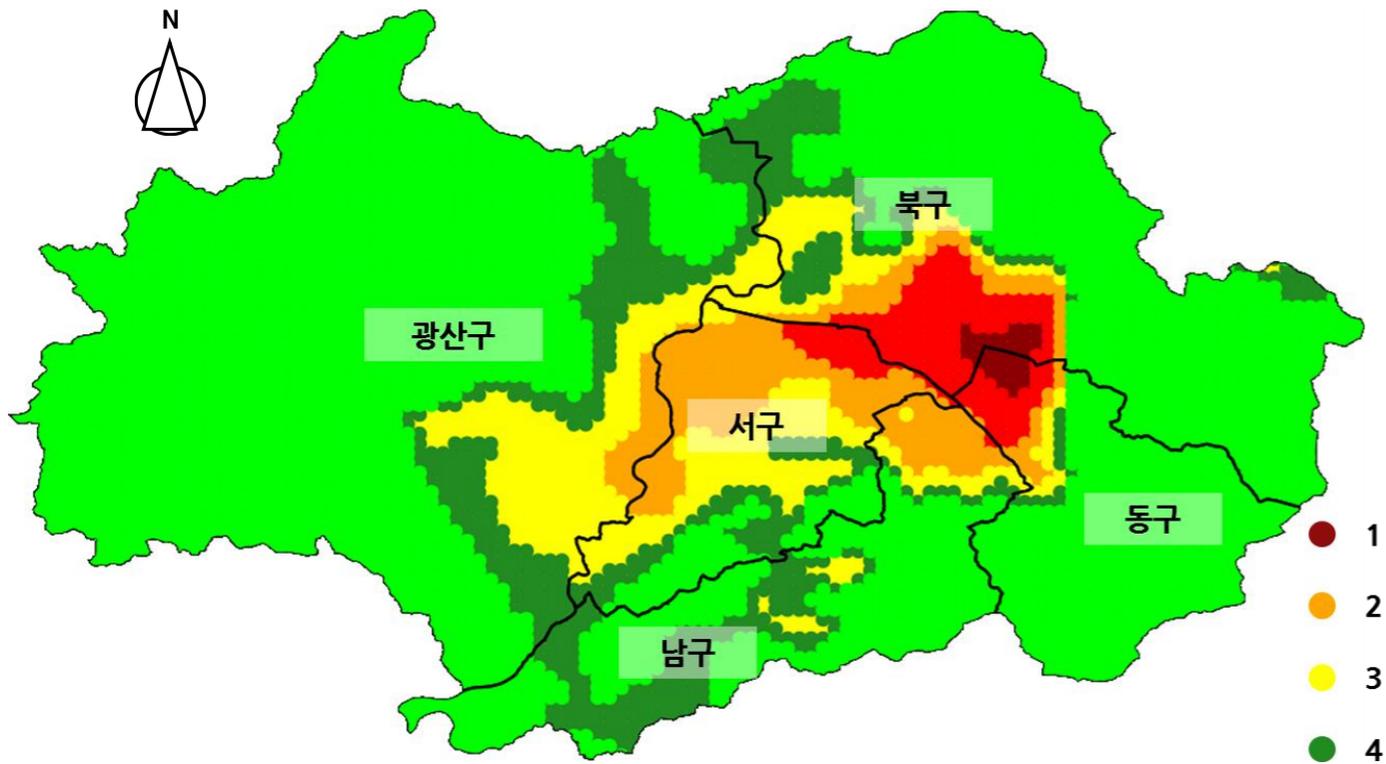
- 콘크리트 및 조적구조 유사분포

*source : 센터 내부자료, 환경부 공간정보, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

광주광역시 폭염 세부분석 결과_3

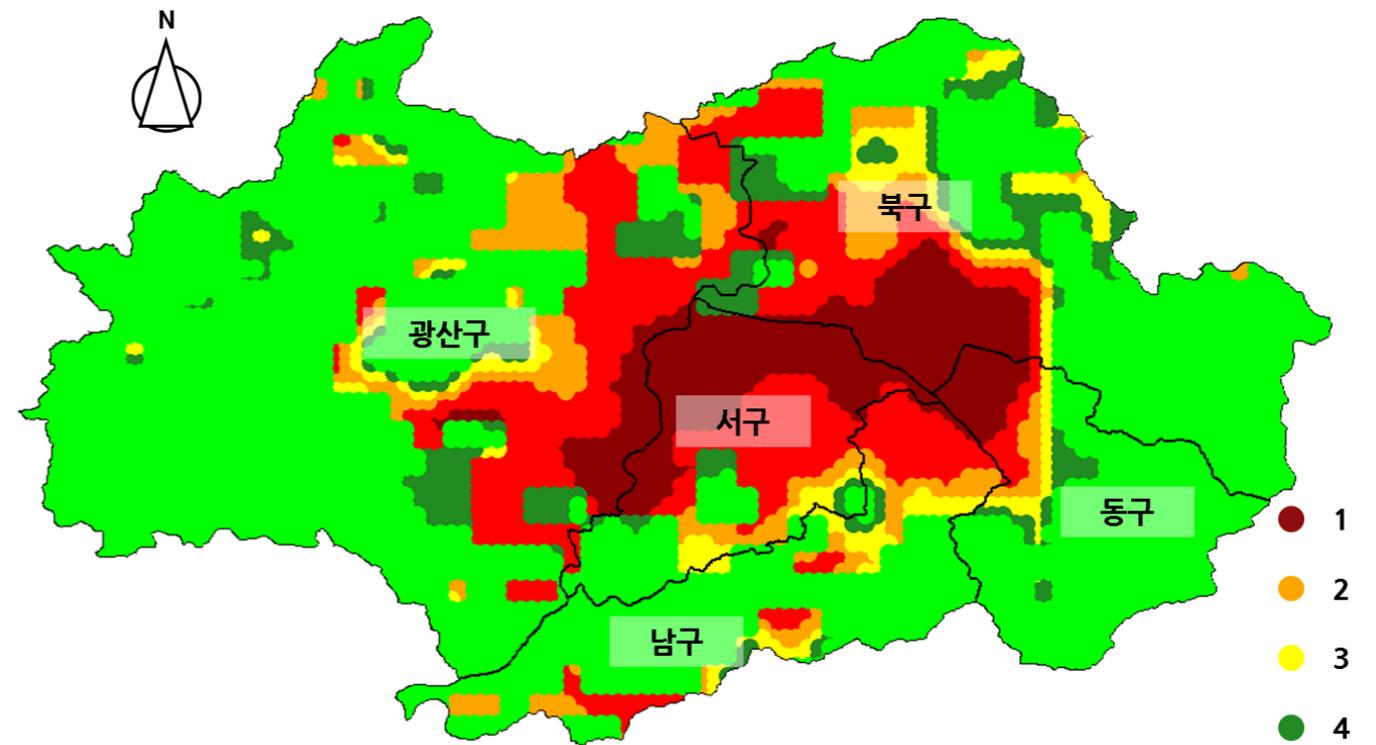
도시평가모델 분석 : 2017~2019년 7~9월 평균기온 및 체감지수(WBGT)

평균기온 등급



- 광주시의 **시가화 지역**이 기온 등급이 높은 것으로 나타남
- 동구/북구에 위치한 시가화 지역은 무등산 인접지임에도 기온등급이 높음
- 이는 무등산의 찬공기 공급이 원활하지 않는 환경으로 판단 됨

체감기온 등급

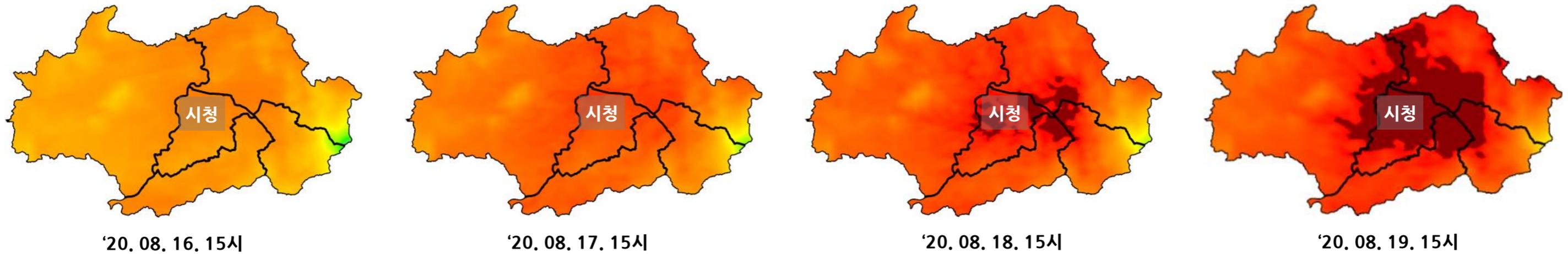


- (체감지수) 인체 열수지 관련 환경 요소 중 온도, 습도, 복사열을 활용해 구하는 지표
- 폭염 취약지역과 온열질환자와 밀접한 관계가 있는 지표
- 기온분포와 유사하게 **시가화지역 위주**로 높은 등급의 체감지수가 나타남

광주광역시 폭염 세부분석 결과_3

도시평가모델 분석 : 2020. 08.16.~19. 폭염일 발생시 광주시 폭염 평가

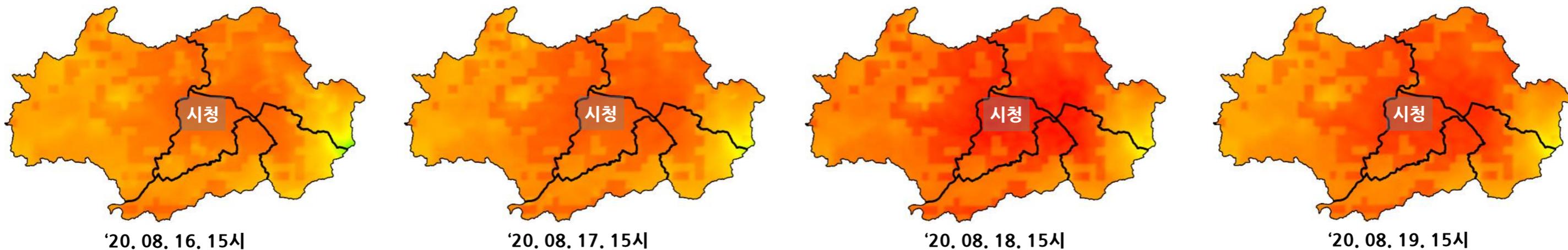
해당일 각 15:00시의 폭염분포도



해당일 각 15:00시의 체감지수(WBGT) 분포

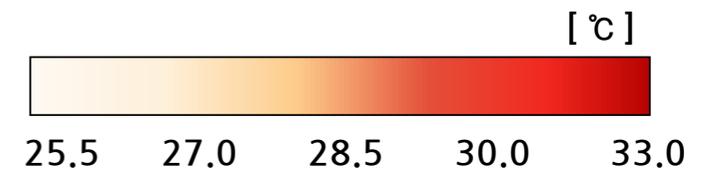
※ 체감지수(WBGT)는 인체 열수지에 관련된 환경 요소 중 온도, 습도, 복사열에 의해 구해지는 지표온도임

지역의 온열질환자 발생과 밀접한 관계가 있는 지표



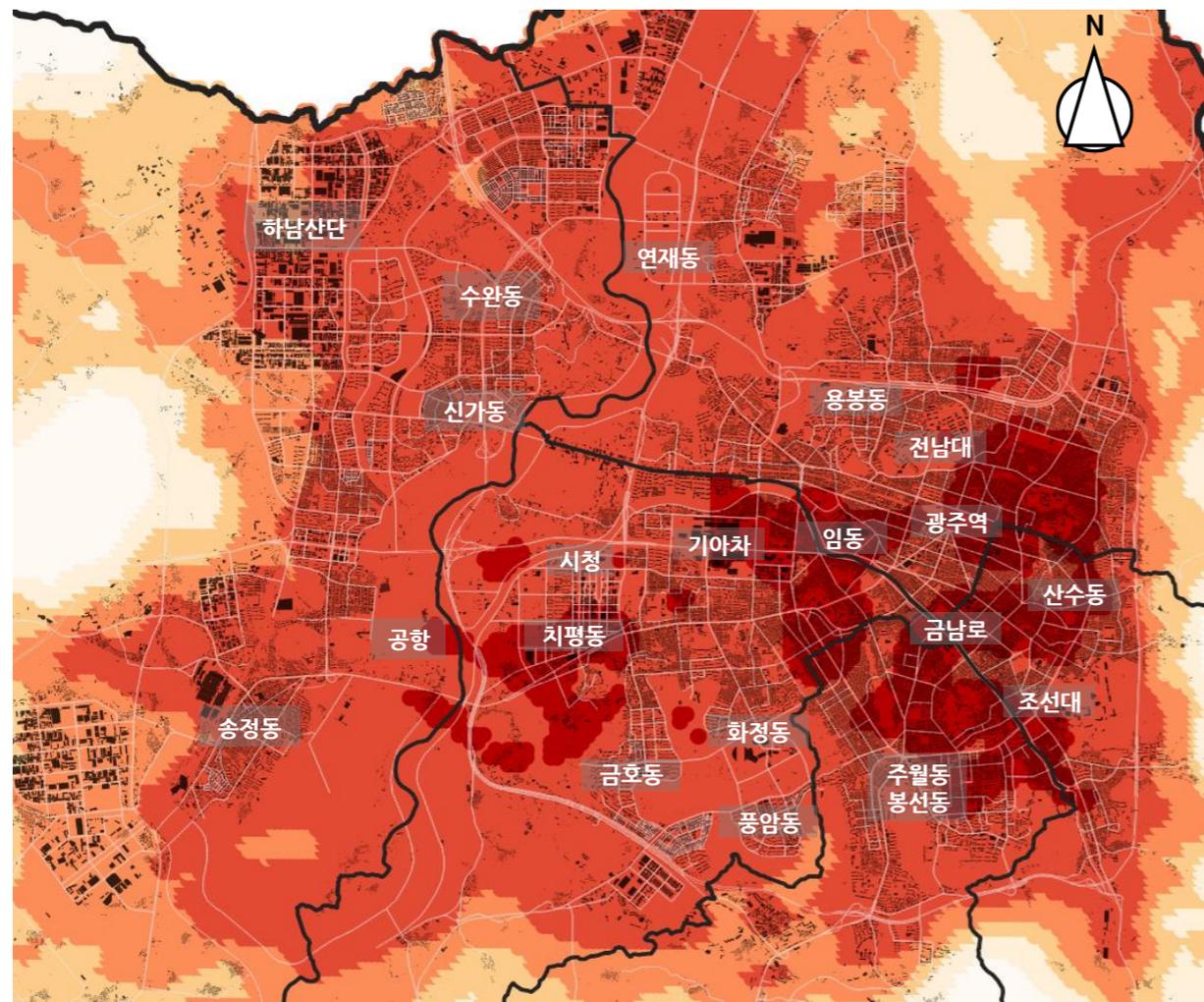
광주광역시 폭염 집중/취약지역 종합

도시평가모델 분석 : 2020. 08.18.~19. 폭염일 발생시 광주시 도심 폭염 평가

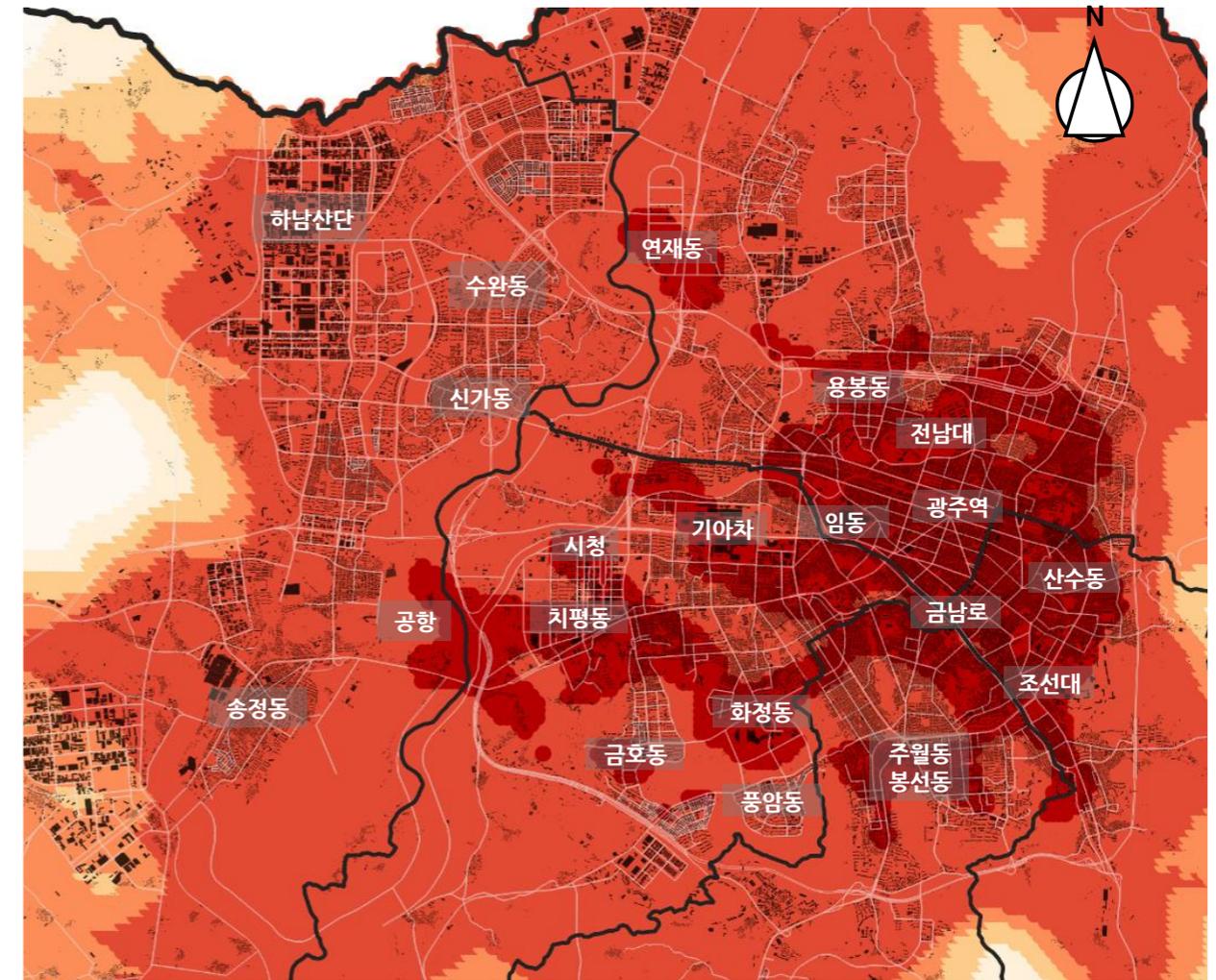


- 8월 18일 보다 19일 폭염이 더욱 거세지면서 최고온도 지역이 확대 되는 것이 확인됨

2020.08.18. 15시



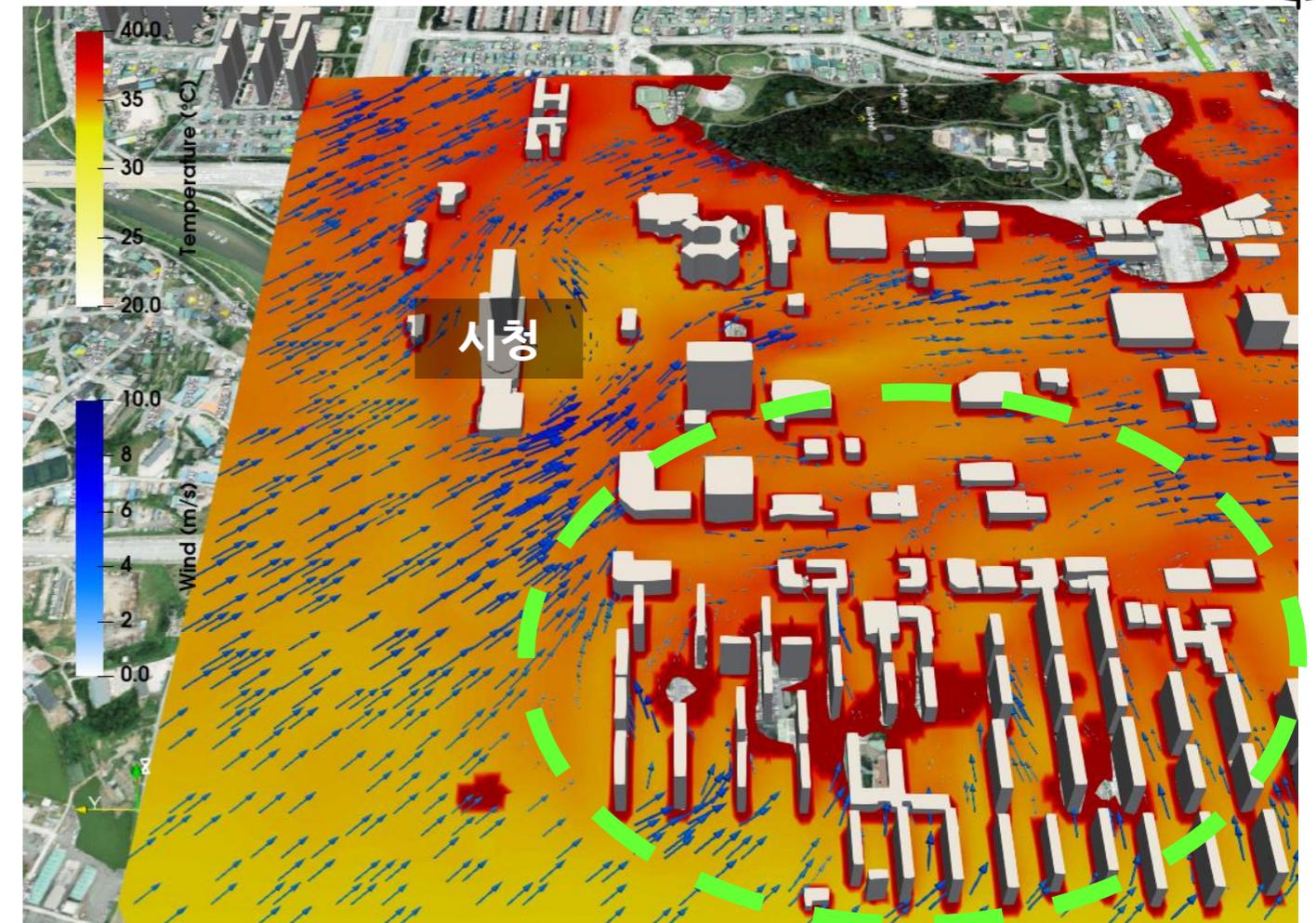
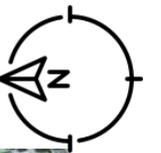
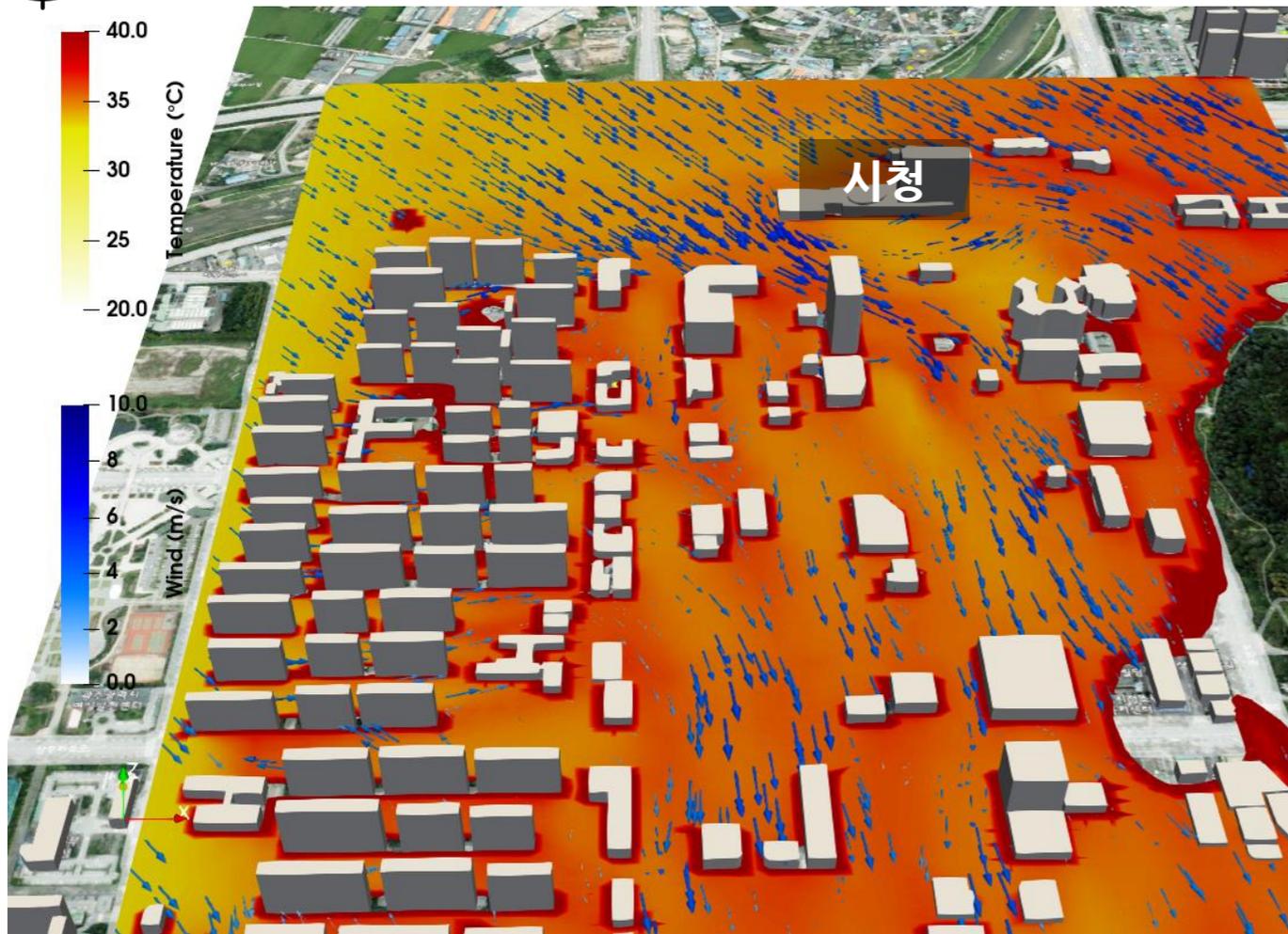
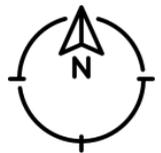
2020.08.19. 15시



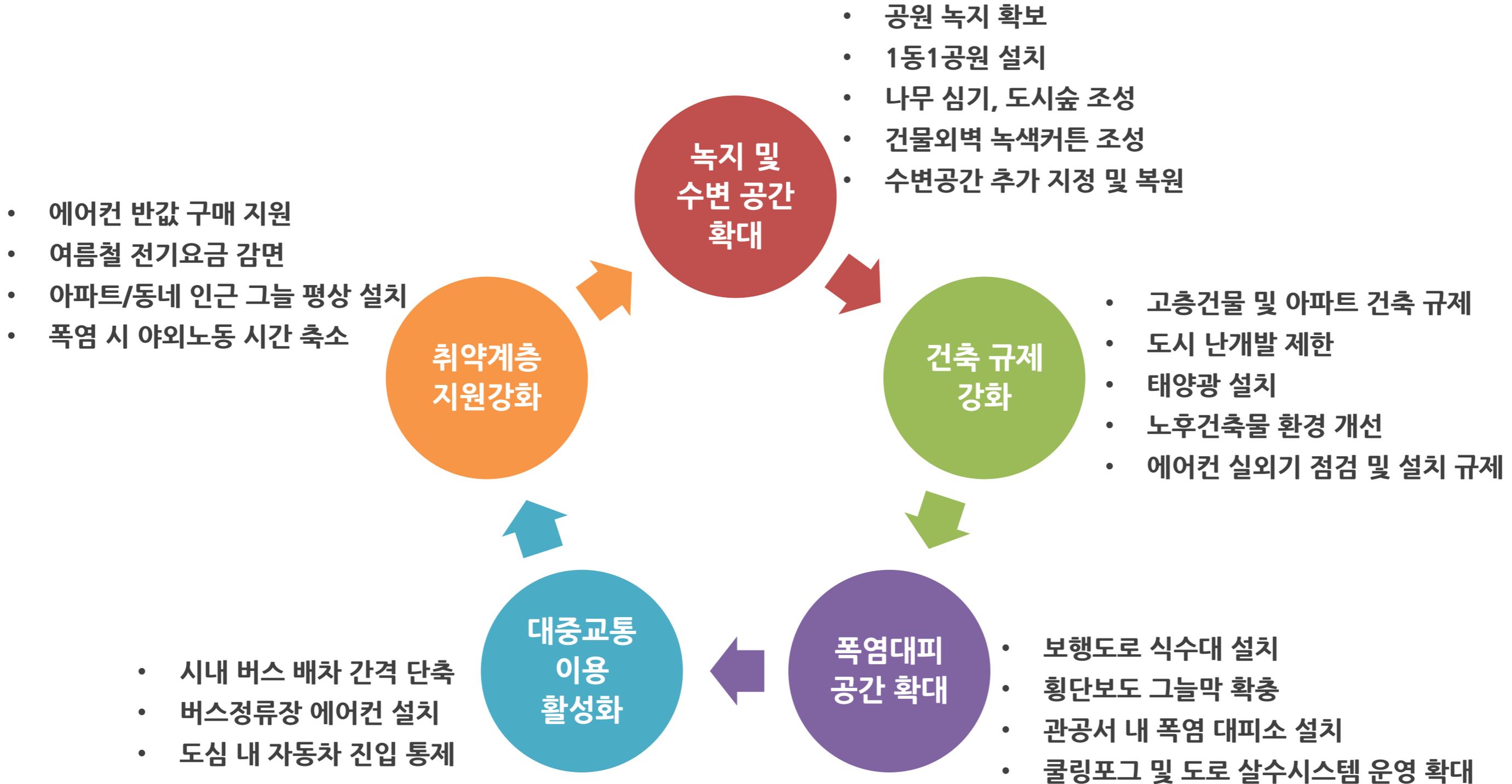
광주광역시 폭염 집중/취약지역 종합

도시평가모델 분석 : 2020. 08.19. 시청 상무지구 부근 3차원 바람 및 기온 분포

- 건물간격과 조밀도에 따라 바람의 유동이 영향을 받는 것이 확인되며,
- 바람이 지나지 않는 건물 뒷편은 열환경의 문제가 발생하고 있는 것이 확인됨

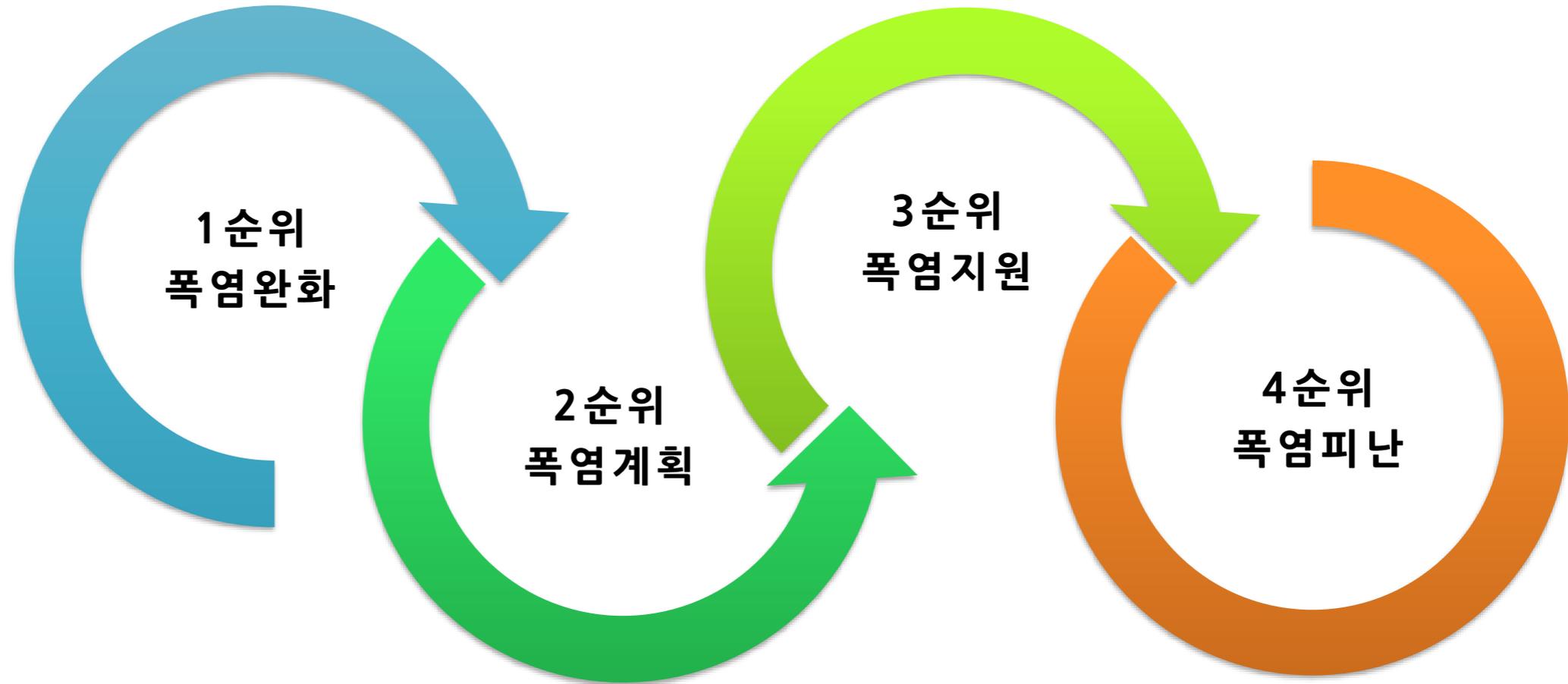


광주광역시 폭염 시민 814명 조사결과



광주광역시 폭염 전문가 조사결과

- 응급체계 조성필요
- 폭염모니터링 시스템 필요



- 건축물 녹지활용 필요
- 도시의 피복구조변화
- 수변공간 조성 필요

- 계획적 폭염대응 필요
 - 종합적관점의 접근
- 도시계획적 관점

- 무더위쉼터 다양화
- 무더위쉼터 실효성 강화

광주광역시 폭염 세부분석

■ 전문가-시민-공무원 등이 말하는 폭염대응

(시민) 폭염시 야외활동 어려움 호소, (전문가) 공간의 열을 줄여야 함을 권고 → 단/중장기

- 폭염시 외부환경에 대한 제어가 필요하다는 공통적인 의미를 내포함

(시민, 전문가 공통) 녹지, 공원, 수변 공간의 필요성 제시 → 중장기적

- 시민들은 폭염을 피하기 위한 공간으로 녹지 공원, 수변 공간을 원하고 있음
- 전문가들은 녹지 공원, 수변 공간 조성을 폭염 대응을 위한 도시계획 수립의 측면에 의미를 두고 있음
- 즉, 중장기적으로 폭염 대응형 도시계획을 통해 녹지/수변공간의 조성이 필요함

(시민) 살수 등 단기적 사업 요구, (전문가) 해당 사업 실효적 장소에 추진 필요

- 시민들이 제안한 물뿌리기 등은 즉각적인 효과로 정책의 시민만족도를 높일 수 있음
- 이외에 단기 사업으로 그늘막, 소규모공원, 폭염경감사업 등을 추진할 수 있음

폭염 사업에 대한 도시계획 기반의 중장기적인 접근 필요

- 중장기적으로 폭염대응형 도시계획, 인공구조물의 전환 등의 사업이 추진될 수 있음
- 전문가들은 기존의 구조물/포장재료를 보수성/투수성 등 전환 필요 요구

광주광역시 폭염 및 도시열섬 기본계획

비전

폭염에 강한 시민건강도시 광주

목표

시민이 건강하고 광주가 시원한 폭염 대응 전국 1등 도시 조성

- (2025) 폭염대응 지역 인프라 구축 완료
- (2030) 시민이 건강한 폭염대응 전국 1등 도시 광주 조성

핵심전략

폭염도 쉬는 도시

- 녹색복지 숲
- 열섬완화 숲
- 미세먼지 저감 숲
- 물순환도시 조성

폭염 다스림 도시

- 노후건축물 그린리모델링
- 에너지수급체계 상시감시
- 폭염 저감시설 운영
- 폭염 경감시설 운영

폭염 어울림 도시

- 폭염대응 건강관리 교육
- 취약계층 맞춤형 행정
- 폭염 적응역량 강화
- 저소득층 에너지 복지

폭염 대비의 도시

- 폭염 예방 및 매뉴얼
- 온열질환자 감시체계
- 폭염상황관리 체계
- 응급 구급체계 등

광주광역시 폭염 및 도시열섬 기본계획

추진방향

- 폭염 및 도시열섬 현상 대응 기본계획 4대 전략 39개 사업



단기목표(2021~2025)

신속한 대응 역량 및 제도 정비, 인프라 구축

- 공공이 선도하고 **시민참여 유도**
- **건강분야 중심으로** 핵심대책 수립
- 사회적 인프라 구축에 영향을 미칠 수 있는 대책 강조

중·장기목표(2026~2030)

시민이 건강한 폭염 통합대응체계 구축

- 기후재난에 대응 가능한 **전환적 도시기반 마련**
- 도시계획, 에너지, 교통, 교육 및 홍보 등 **다양한 분야 포괄**
- 영국 사례 : 국가차원의 폭염대응계획 수립 전략
- 호주 사례 : 폭염대응계획수립시 국가프레임워크 주요 원칙
- 캐나다 사례 : 폭염 대응 단기 및 장기 전략
- 프랑스 사례 : 국가 폭염 계획

광주광역시 폭염 대응계획

폭염 대응 주요사업

(전략 1) 폭염도 쉬는 도시	(전략 2) 폭염 다스림 도시	(전략 3) 폭염 어울림 도시	(전략 4) 폭염 대비의 도시
녹지조성 <ul style="list-style-type: none"> 도시생태 숲 사업 수목원 조성 사업 가로수 심기 도시 바람길을 고려한 경관 관리 	폭염경감시설 <ul style="list-style-type: none"> 건축물 냉방설비 발생열 저감장치 설치 기후변화 증장기 계획 수립 및 폭염 저감시설 운영 살수차 운영 폭염경감시설운영(그늘막, 쿨링포그, 쿨루프, 쿨페이브먼트, 클린로드) 	교육 <ul style="list-style-type: none"> 이상기후 건강관리 교육 및 서비스 응급장비구비 의무기관 자동심장충격기 설치 지원 및 응급처치 교육 	예방 <ul style="list-style-type: none"> 폭염에 따른 에너지시설 안전사고 예방 및 정전 대비 매뉴얼 공공근로 사업장 안전관리 소관 건설 사업장 안전관리 폭염 대응 농작물 및 가축 생산성 향상 연구·기술 개발 폭염 저감시설 확충 T/F팀 운영 여름철 폭염 대응 대책 추진
수변공간 <ul style="list-style-type: none"> 그린빗물 인프라 조성 분산형 빗물저금통 구축 광주천을 생태공간으로 복원 추진 도심 도랑 설치 	건축물시설개선 <ul style="list-style-type: none"> 노후공공임대주택 그린리모델링 기후변화 취약계층가구 실내환경 진단·개선 지원 에너지시설 안전관리 	복지 및 홍보 <ul style="list-style-type: none"> 폭염 취약계층 방문 건강 관리사업 추진 맞춤형 노인돌봄서비스 시행 폭염 대비 노숙인 지원 대책 주·야간 무더위쉼터 확대 운영 및 점검 저소득층 에너지 나눔 문화 복지 확산 장애인 폭염 보호대책 추진 	모니터링 및 감시 <ul style="list-style-type: none"> 기후변화로 인한 질병정보 모니터링(폭염기간) 온열질환자 감시체계 운영 농축산분야 안전관리/ 농업재해대책 재난상황실 운영 폭염 상황관리 체계 구축·운영
	연구개발 <ul style="list-style-type: none"> 폭염 시 지하공간 냉기를 이용한 도시 열기 완화 연구개발 사업 추진 		피해지원 <ul style="list-style-type: none"> 여름철 온열질환자 발생대비 119폭염 구급대 운영
			제도 <ul style="list-style-type: none"> 재난 예·경보 시스템 구축 체감온도 기반의 폭염특보 기준 개선 도시개발활동시 온열환경영향평가 조례 수립
			정보 <ul style="list-style-type: none"> 도시평가모델이용 지역 내 폭염 분석 및 평가

지역내 폭염 저감/경감 사업지 기준

- 건축물 밀도, 폭염 집중지역 및 취약지역 분석 결과와 함께 전문가 AHP 설문조사 결과를 토대로 우선설치지역 선정 기준 설정

→ 정성적 판단에 의한 것으로 정량 데이터 분석을 통해 선정된 지역과는 상이할 수 있음

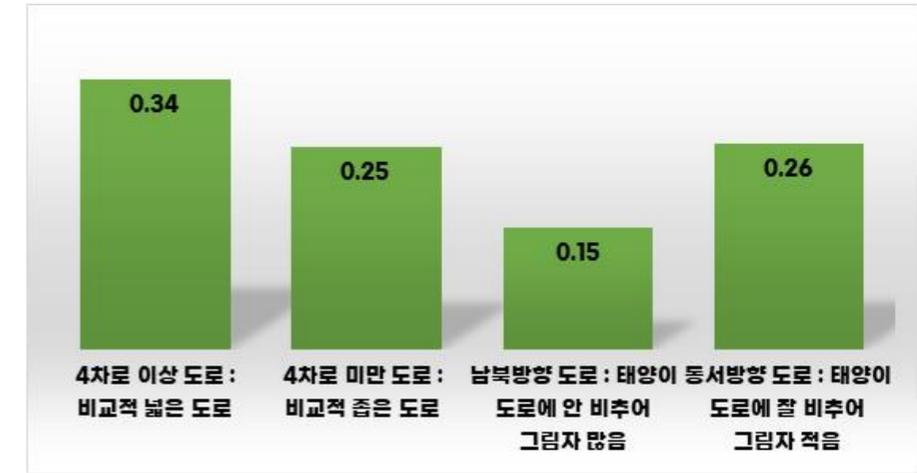
유동인구/교통량



도로 주변 건축물



도로



- 폭염대응시설이 무엇에 체감되어야 하나?
- 폭염대응 시설의 효과와 도시공간 형태와의 관계는?
- 폭염대응 시설 효과와 도로의 폭과의 관계는?
- 폭염대응 시설 효과와 태양복사와의 관계는?

유동인구가 많고



건물이 복잡한 도시공간 중



도로가 넓고

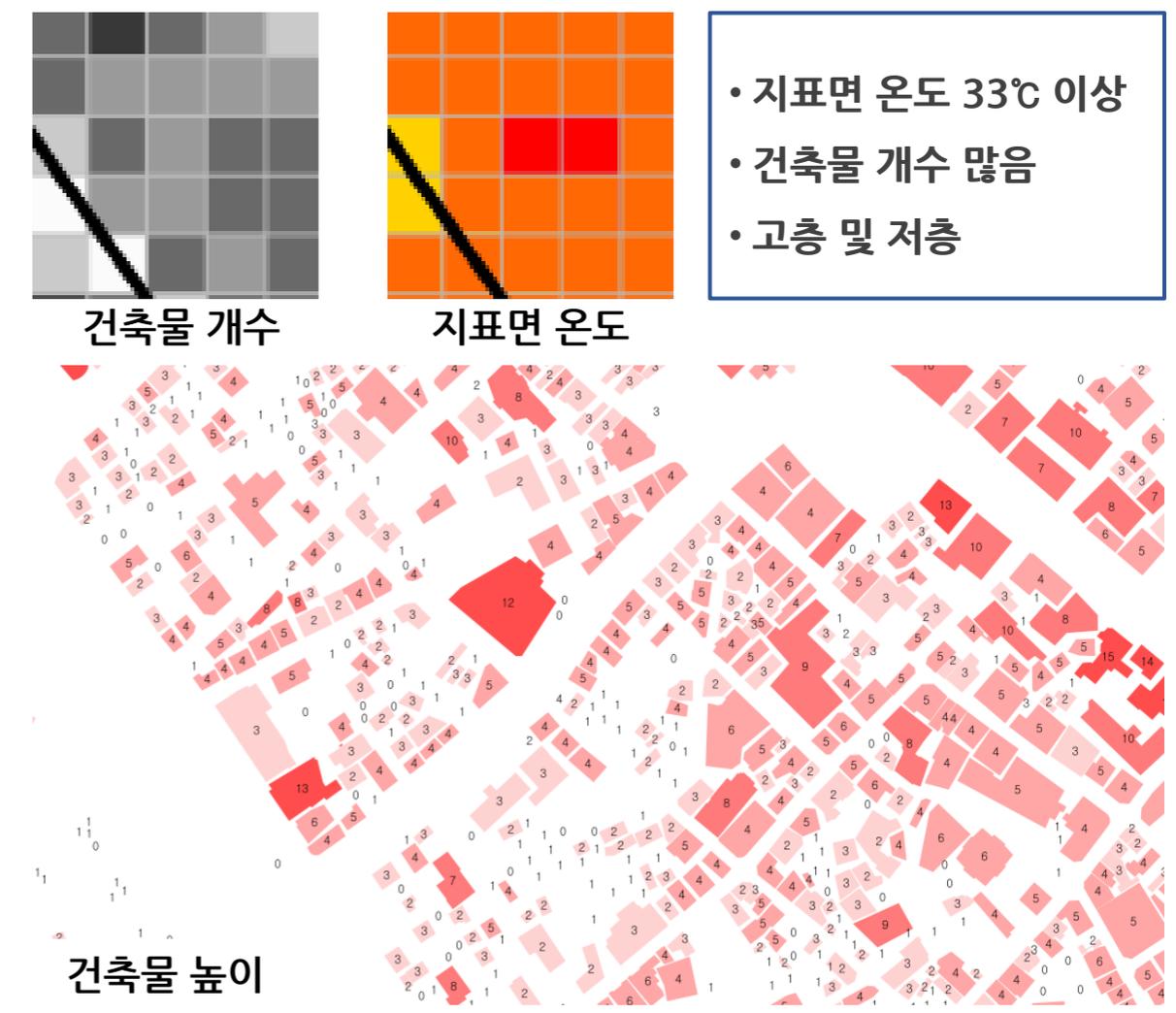
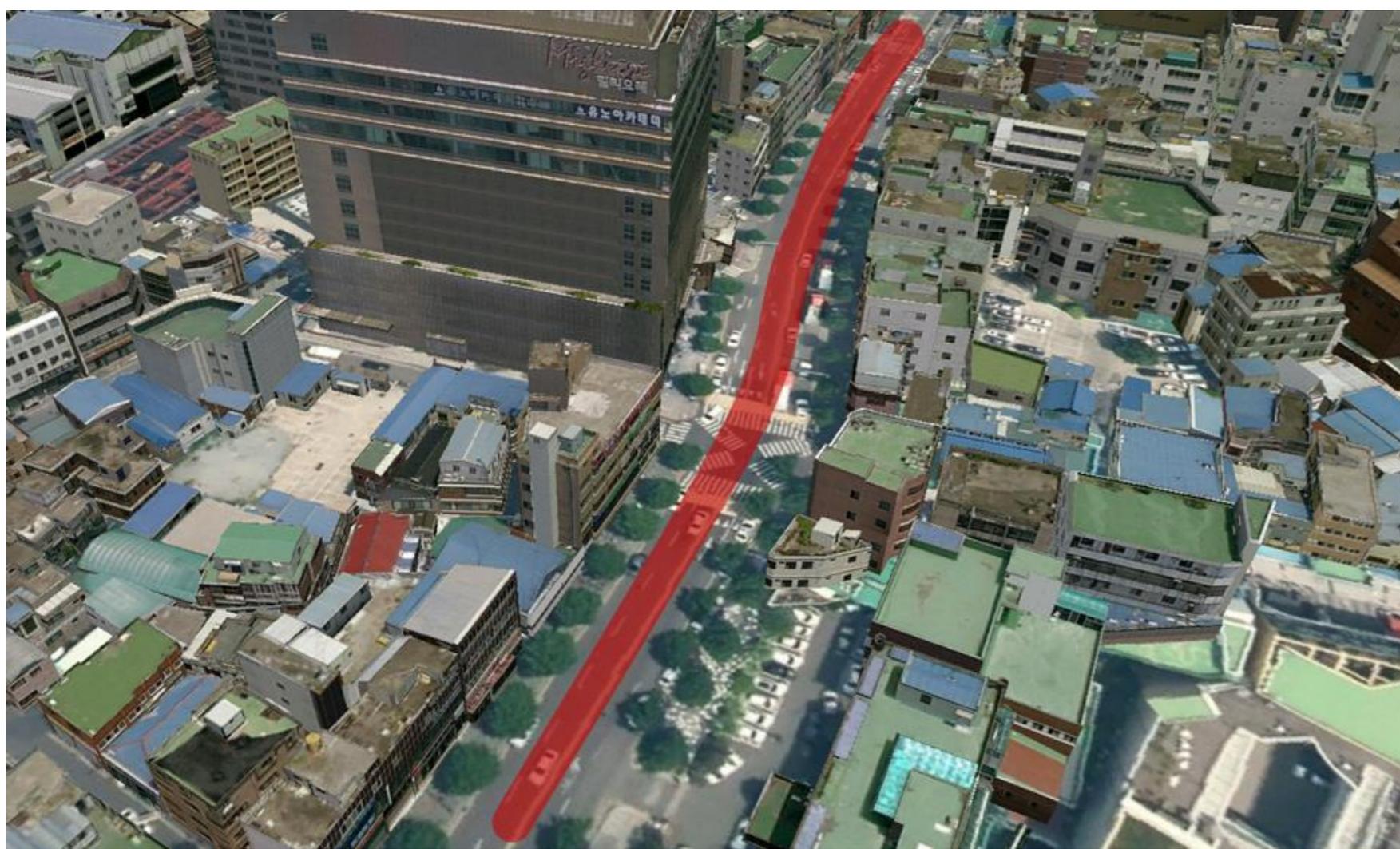


태양그림자가 없는 곳

기준 기반 폭염 저감/경감 사업지 제안(단기)

(주요사업) 폭염저감 사업 제안_광주세무서 ~ 광주천 구간

- 도로 폭 : 20m (중로), 도로 방향 : 북동-남서, 도로 주변으로 고층, 저층 건축물이 밀집되어 있으며 노후 건축물 비율 높음(90% 이상)
 - 사거리를 중심으로 버스 정류장 3개 위치, 차량 통행량 보다는 유동인구수가 더 많음
- 쿨링포그 등의 설치에 적절함

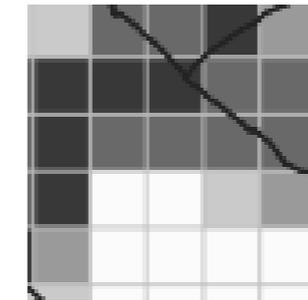


*source : 센터 내부자료, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

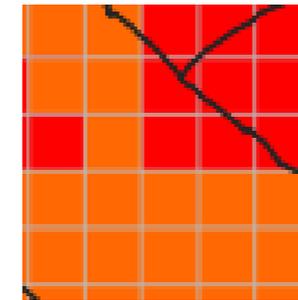
기준 기반 폭염 저감/경감 사업지 제안(단기)

(주요사업) 폭염저감 사업 제안_조선대학교 ~ 살레시오 여고 구간

- 도로 폭 : 32m (대로), 도로 방향 : 북동-남서, 도로 주변 중층 건축물 밀집, 노후 건축물 비율 높음(80%)
 - 구간 내 버스정류장 2개 위치해있고 맞은편 블록에 상업시설이 밀집되어 있어 등하교 및 점심시간에 차량 및 인구이동량이 높음
- 쿨링포그, 쿨링&클린 로드, 쿨페이브먼트 등 설치에 적합

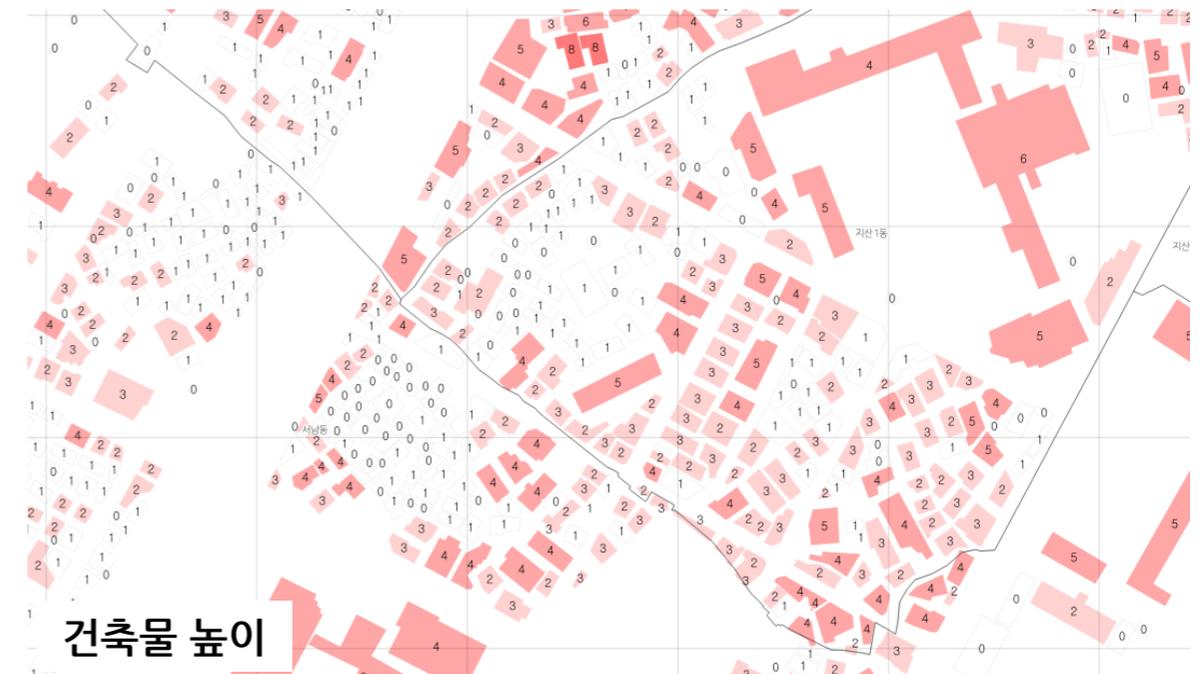


건축물 개수



지표면 온도

- 지표면 온도 39°C 이상
- 건축물 개수 많음
- 중층 위주



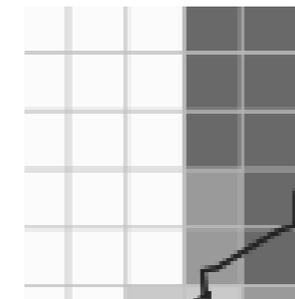
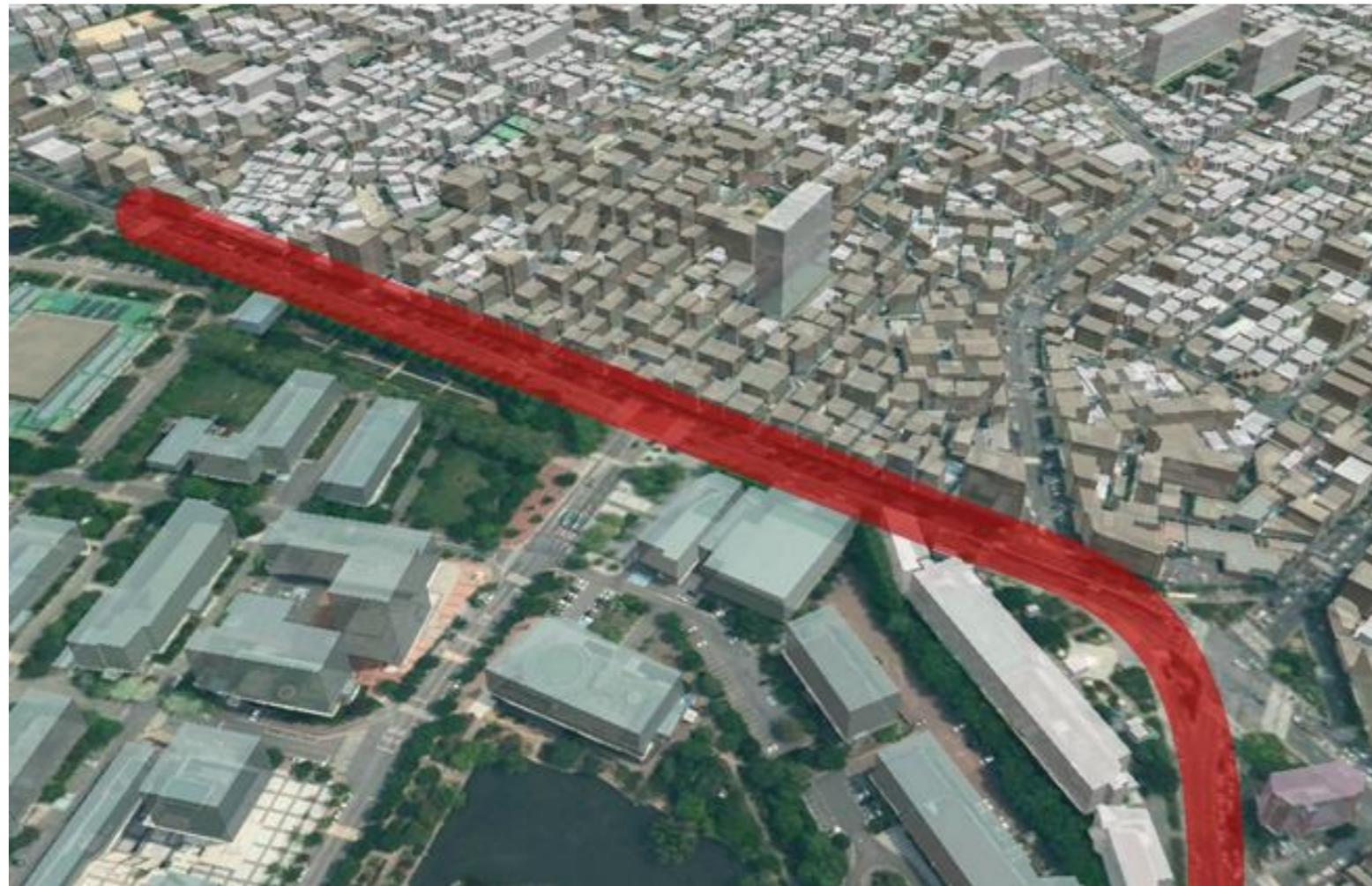
건축물 높이

기준 기반 폭염 저감/경감 사업지 제안(단기)

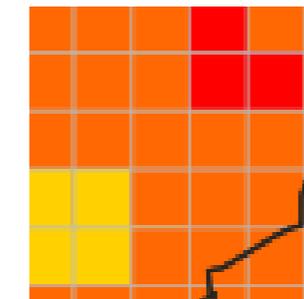
(주요사업) 폭염저감 사업 제안_ 북구청~ 전남대 공대 후문 구간

- 도로 폭 : 23m (중로), 도로 방향 : 남북방향, 학교 건너편으로 상업, 주거용도의 저층, 중층 건축물 밀집
- 구간 내 버스정류장 6개 위치, 대학교와 공공기관 특성상 출퇴근/등하교 및 점심시간에 인구이동량 높음

→ 기존 인공차양막에 쿨링포그 등 설치 적합



건축물 개수



지표면 온도

- 지표면 온도 33℃ 이상
- 건축물 개수 많음
- 저층 및 중층

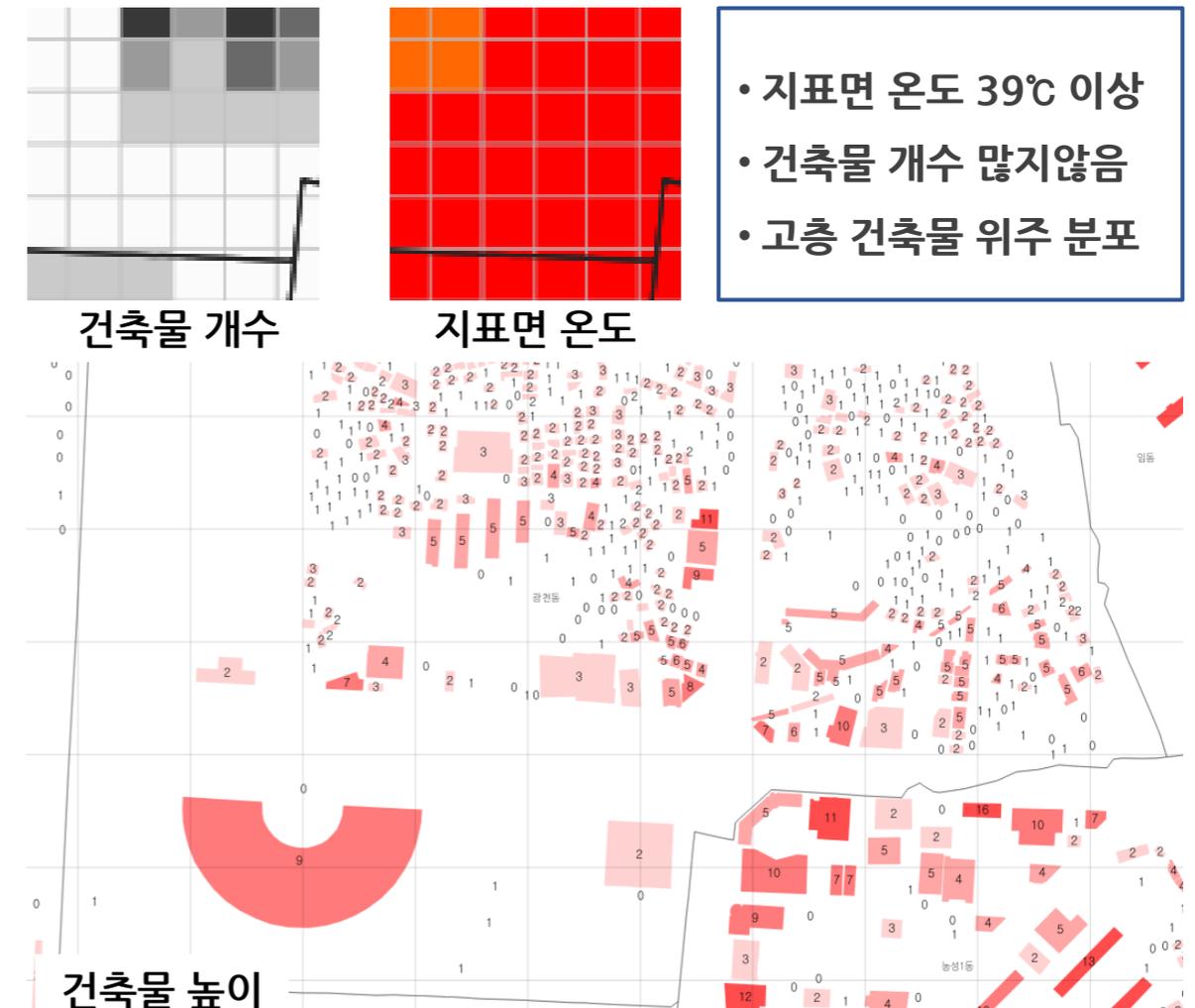
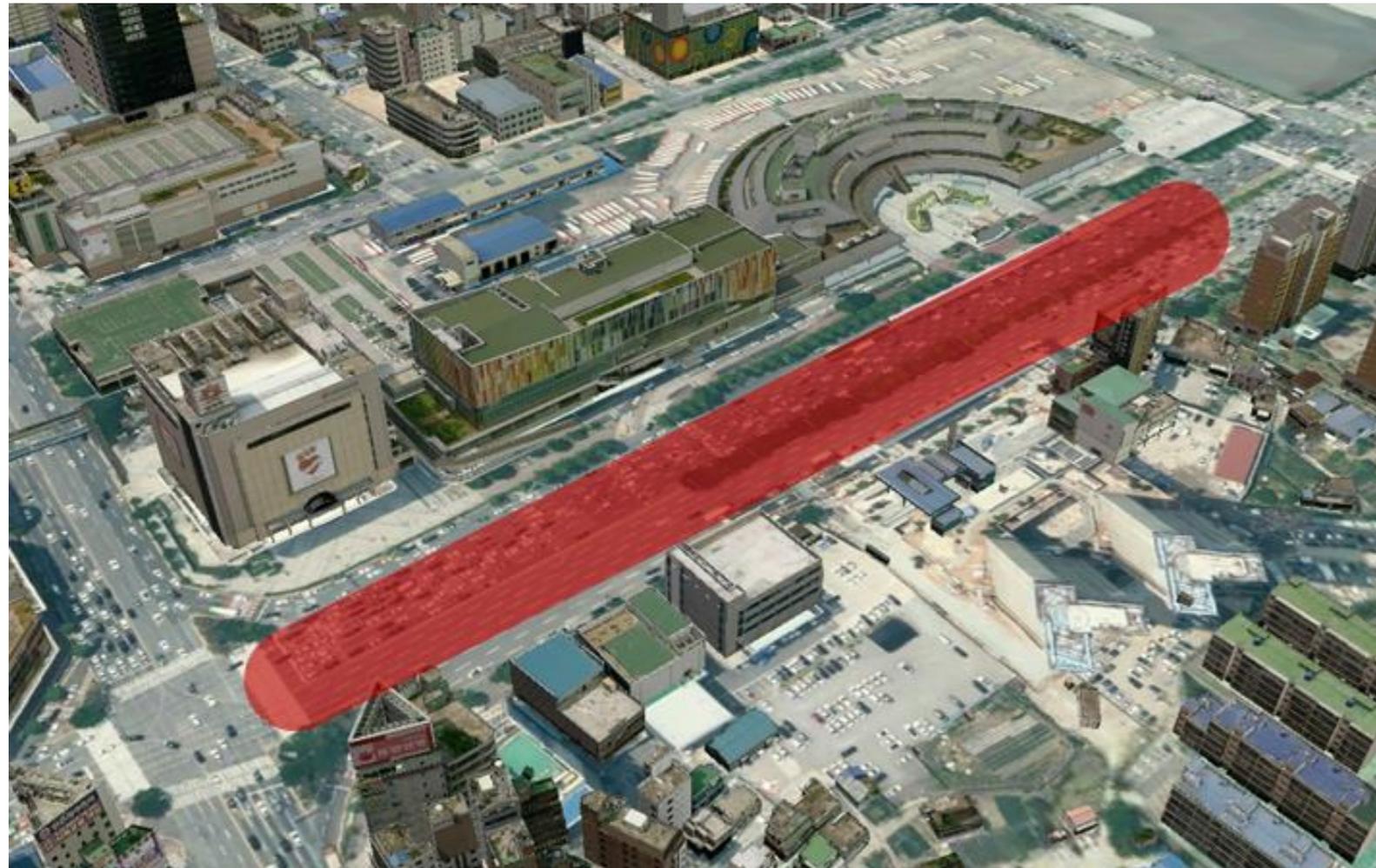


건축물 높이

기준 기반 폭염 저감/경감 사업지 제안(단기)

(주요사업) 폭염저감 사업 제안_ 유스퀘어 전면 광폭 도록 부근

- 도로 폭 : 80m (광폭도로), 도로 방향 : 동서방향 → 고층 건축물이 있음에도 도로에 그림자가 비추는 경우가 적어 도로 자체의 온도가 높음
- 구간의 1/5 길이의 버스정류장이 도로 양쪽에 위치해 있음 → 정류장 이용객을 위한 쿨링포그 설치에 적합
- 고온의 도로 → 쿨링&클린 로드 설치를 통한 저감 효과를 기대할 수 있으나, 도로 구배가 살수 확산에 어려운 형상을 가지고 있어 검토 필요
→ 쿨링포그, 쿨페이브먼트, 보수성 포장 등

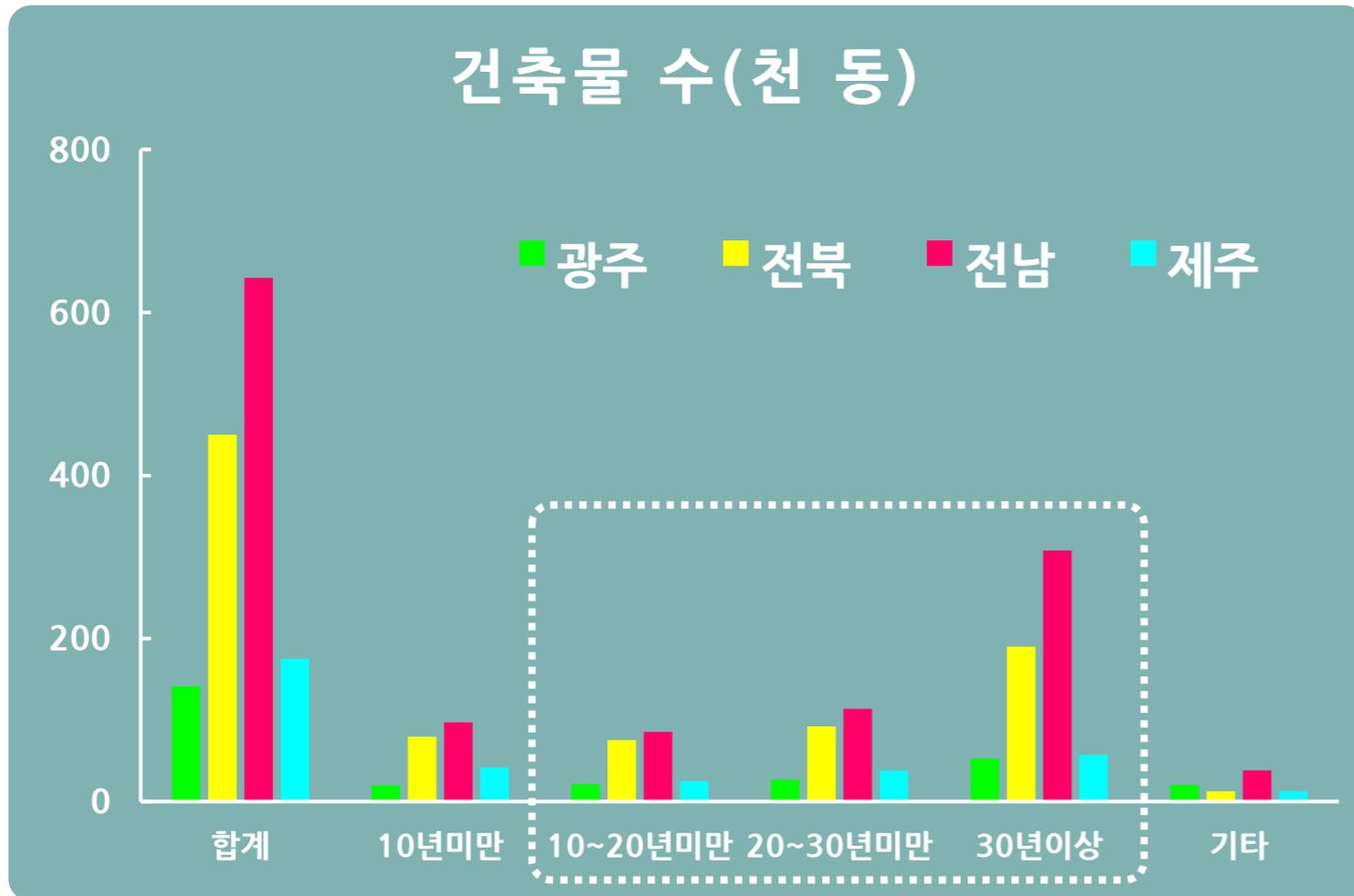
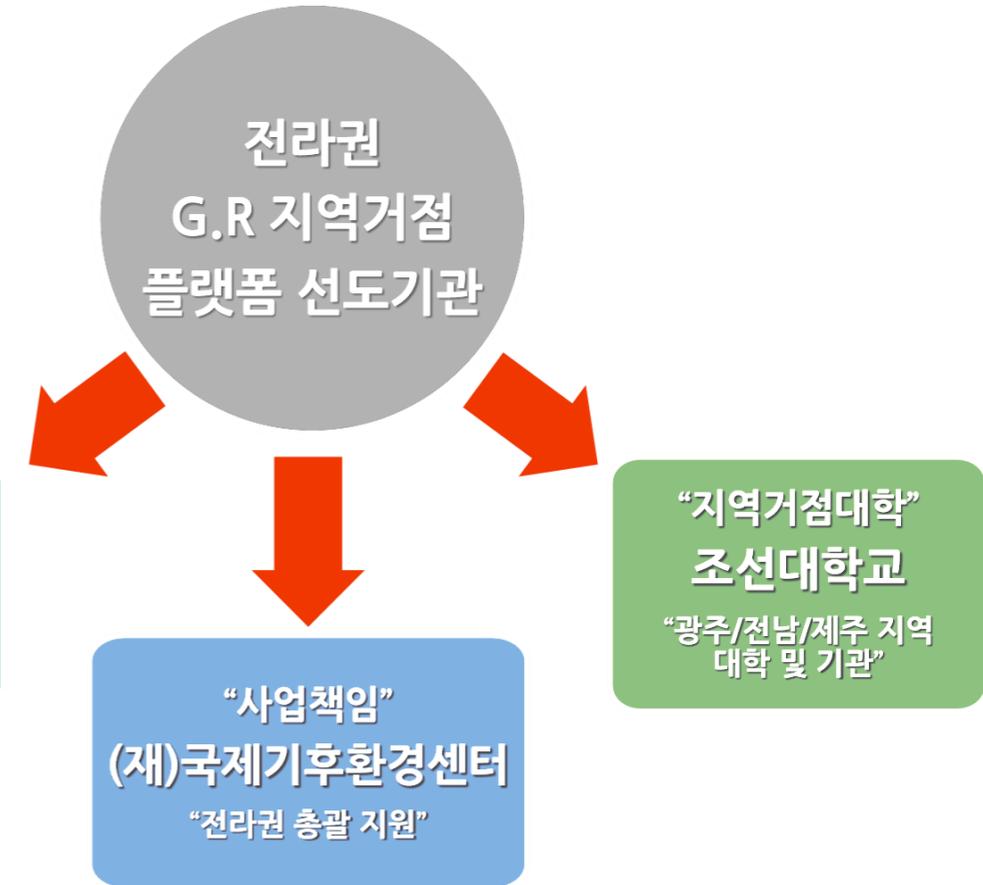


*source : 센터 내부자료, 건물통합정보, Landsat8 위성영상, 연구진 재작성 / Vworld 3D

기준 기반 폭염 저감/경감 사업지 제안(단/중장기)

(주요사업) 건축물 그린리모델링

- 지역내 노후건축물에 대한 그린리모델링 사업을 추진
 - 건축물 기후재난 적응역량 제고, 에너지사용 절감(온실가스 감축), 건축물 장수명화
- ICEC: 국토부 전라권(광주, 전남, 전북, 제주도) 그린리모델링 지역거점 플랫폼 선정
- 국토부(LH, 국토안전관리원), 전라권, 전주대, 조선대, 광주도시공사 등 업무협약 완료



- (광주) 10 만 동
- (전남) 50 만 동
- (전북) 36 만 동
- (제주) 12 만 동

노후건축물 108 만 동
(전체의 약 76% 차지)

* 자료출처 2018년 건축통계집

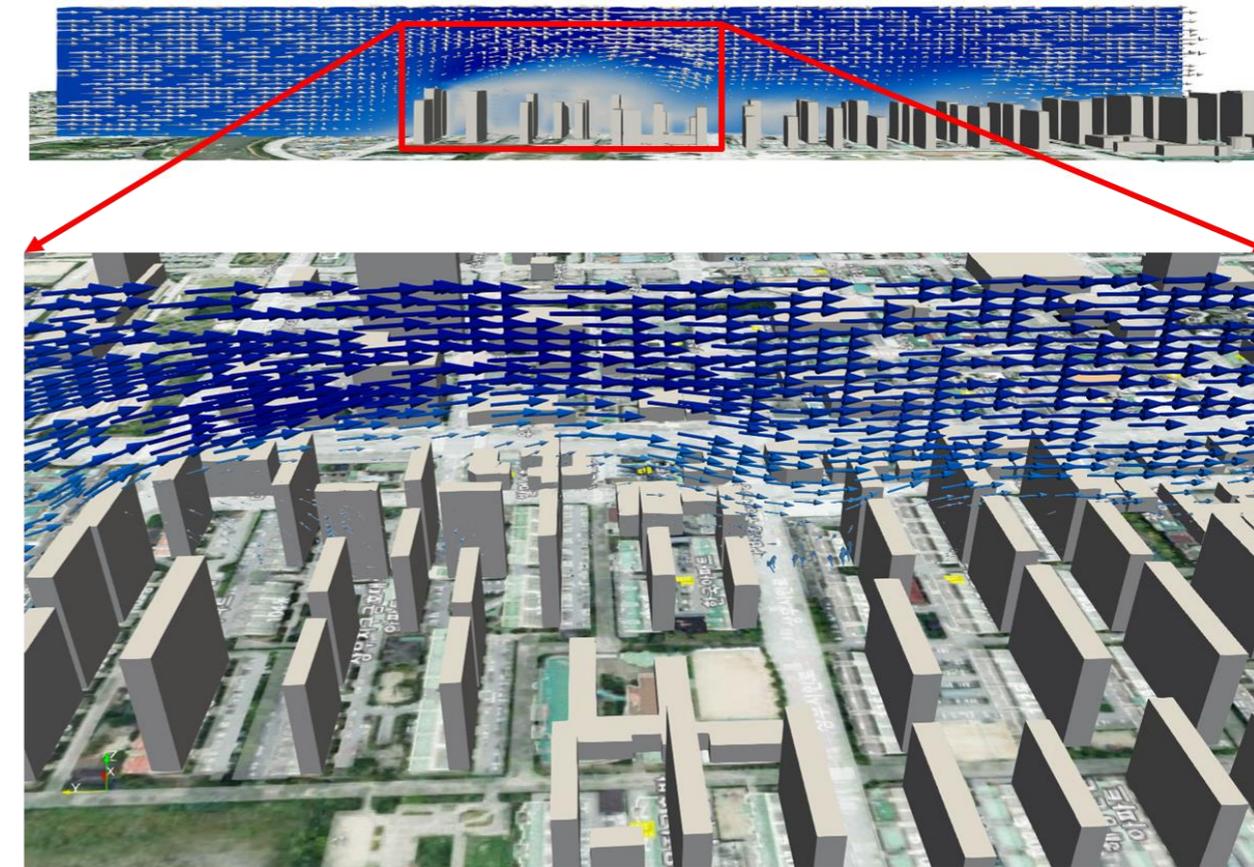
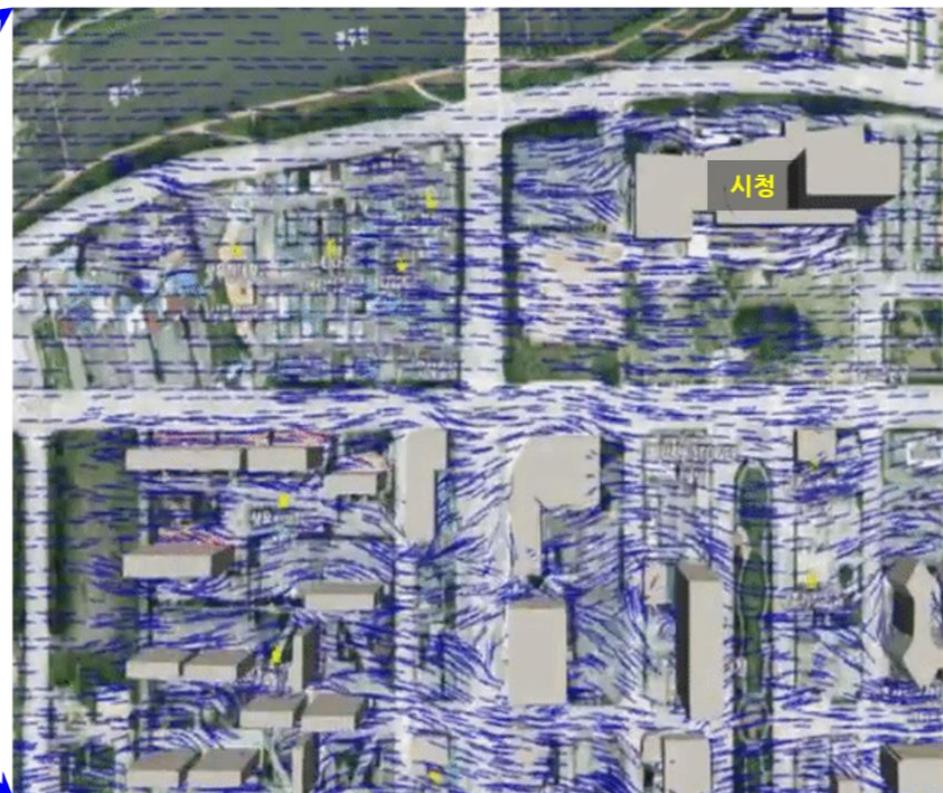
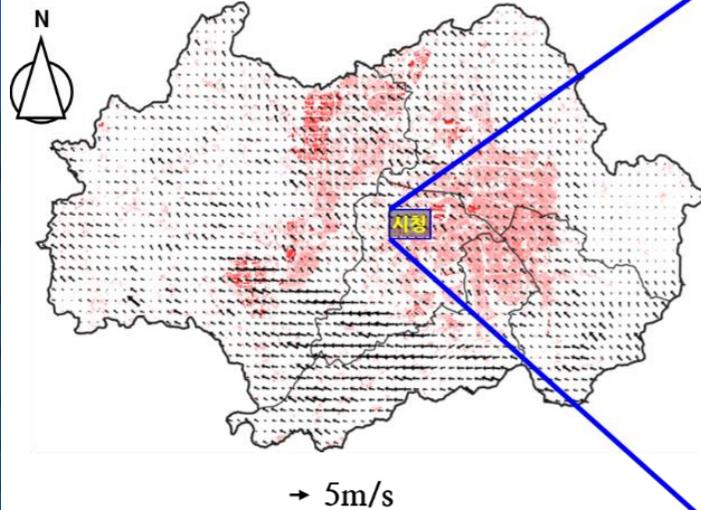
지역 폭염 상세분석 모니터링(단/중장기)

(주요사업) 도시평가모델 활용 도심 바람길을 고려한 경관 관리 사업

- 높은 밀도로 구성된 건축물 공간으로 인하여 지역내 **바람길 변화 및 도시경관 악화**
→ 여름철 폭염과 열대야 증가, 겨울~봄철 미세먼지 문제
- 바람길을 충분히 활용할 수 있는 고려한 도시공간 재조성을 통해 **바람길과 도시의 경관 확보필요**
- **본 지역을 기본 케이스로 하여 타 도심공간 계획시 건축물 및 지구단위 계획 등 활용 가능**

UAMS 상세모델 (광주시청 인근)

2020. 08. 18

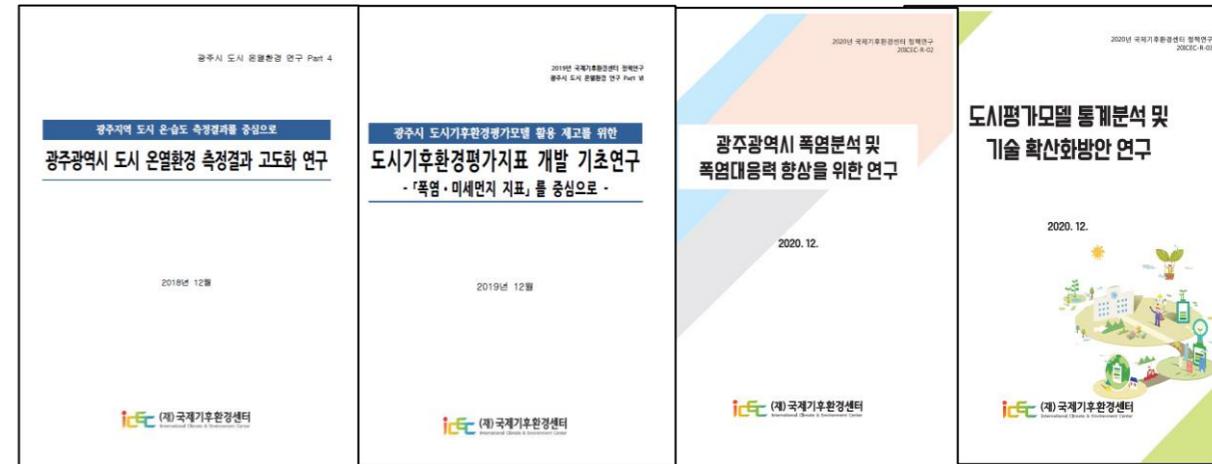


모니터링 기반 지역 폭염 정보제공(단/중장기)

(주요사업) 지역내 폭염 분석 및 평가 정보제공

- 광주는 폭염이 전국에서 강하게 발생하는 지역으로 대응력 강화 필요
- 폭염 대응력 강화를 위해 지역내 **폭염에 대한 객관적이고 과학적 분석이 필요**
- 5월 ~ 9월 폭염 기간 도시평가모델 활용 : 폭염으로 인한 지역의 특성 정보 제공
- 관련 데이터를 지속적으로 모니터링 하여 **광주시 폭염관련 데이터의 빅데이터화**

→ 인공지능 분석, 스마트그린도시 조성 등 미래도시로의 전환 근거로 활용



광주시 폭염/열섬 유관보고서

[광주시 하절기 폭염 특성 정보제공(2020년)]

광주형 도시평가모델을 활용한 광주시 8월 폭염 특성

※ 본 호는 폭염에 대한 일반 정보 및 2020년 8월의 광주 폭염 특성에 대한 정보를 제공 함
발행처 : (재)국제기후환경센터 | 발행인 : 윤환태 | 주소 : 광주광역시 서구 천변우회로 181(유촌동) | www.iceg.or.kr

우리나라 폭염은 2단계 폭포를 발견하고 있다.

우리나라를 포함한 전세계 각국에서 발생하는 폭염현상으로 인해 각 국가에서는 자체적인 특성에 맞추어 폭염 특보를 발령하고 있다.

폭염 정의

일 최고기온 33°C 이상
폭염이 2일 이상 지속 예상시
일 최고기온 35°C 이상인 상태가 2일 이상 지속 예상시

폭염 특보

폭염 경보

광주 폭염 강도의 증가 요인은 다양하다.

01 기후변화: 지구온난화로 인하여 평균기온 상승과 폭염강도 증가
02 기후영향: 여름철 태태평양 고기압 영향과 중국 내부의 가뭄된 공기 유입
03 지형적 영향: 무등산, 어등산, 건지산 등 분지형태 지형으로 열이 모이고 체류하기 쉬운 지형
04 도시화: 콘크리트/아스팔트 면적 증가와 녹지공간 감소로 폭염강도의 증가

ICE (재) 국제기후환경센터

2020년 8월호, 연구개발실 기후연구팀

광주의 평균기온 상승폭은 전국평균 상승폭보다 크다

- 기후변화에 따라 전국의 평균기온과 광주의 평균기온이 상승하고 있다.
- 1973년 전국평균기온 대비 현재의 전국평균기온은 1.26°C 상승하였으나, 광주는 1.76°C 상승하여 전국평균기온 상승보다 더 큰 폭으로 상승하였다.

광주의 폭염일수와 온열질환자는 증가 추세이다.

- 광주의 폭염일수 및 온열질환자의 수는 지속적으로 증가추세를 보인다.
- 2018년 광주는 기록적인 폭염이 발생하였다.
- 기온은 38.5°C까지 상승, 폭염일수는 43일을 기록하여 1994년 이후 최장기록 상인
- 지역 내 총 118명의 온열질환자가 발생하였으며, 이중 2명이 사망

ICE (재) 국제기후환경센터

2020년 8월호, 연구개발실 기후연구팀

광주의 도시개발은 녹지공간의 상실을 초래했다.

- 광주는 동쪽의 무등산, 북서쪽 어등산, 남쪽 건지산, 서쪽 영산 등으로 둘러 쌓인 전형적인 분지형태 도시이다.
- 1970년대를 지나 지속적으로 개발이 진행되고 있으며, 도시화 면적이 증가하고 있다.
- 도시화 면적이 증가한 만큼 녹지 및 수변공간 등 자연 공간은 사라지고 그 공간을 건물과 아스팔트 도로, 콘크리트 구조체가 채우고 있다.
- 건물, 아스팔트 도로, 콘크리트 구조체는 쉽게 열을 축적할 수 있는 재질로서 폭염 시, 낮 동안 열을 축적하고 밤에 기온이 내려가면 주위로 열을 방출하여 열대야를 초래한다.
- 결국, 광주의 발전은 폭염 시 지역의 열환경을 더욱 악화시키고 폭염강도의 증가 요소를 작용하고 있다.

ICE (재) 국제기후환경센터

2020년 8월호, 연구개발실 기후연구팀

8월의 광주시 폭염을 특성은 다음과 같이 나타났다.

- 도시평가모델이 평가한 2020년 8월 18일 ~ 19일 오후 3시의 광주지역의 폭염 결과이다.
- 33°C 이상 강폭계 표시된 지역 대부분이 시가지화 지역을 나타낸다.
- 무등산, 어등산 등 대규모 녹지공간은 비교적 온도가 낮게 평가되었다.
- 8월 19일 폭염강도는 18일 보다 크게 나타나 물해 최고의 폭염일로 기록되고 있다.
- 8일 최고기온은 33.6°C, 19일 최고기온은 34.2°C로 나타남
- 폭염강도를 등급으로 나타내면 시영, 광주역, 금남로 등의 지역이 높은 것으로 평가된다.
- 공통적으로 건축물 밀집, 바람길 장애, 그리고 녹지공간 밀도가 낮은 특징을 보임

ICE (재) 국제기후환경센터

광주형 도시평가모델을 활용한 광주시 8월 ~ 9월의 폭염 특성 분석

※ 본 호는 폭염에 대한 일반 정보 및 2020년 8월, 9월의 광주 폭염 특성에 대한 정보를 제공 함
발행처 : (재)국제기후환경센터 | 발행인 : 윤환태 | 주소 : 광주광역시 서구 천변우회로 181(유촌동) | www.iceg.or.kr

광주의 8월과 9월의 기온과 강수량

구분	8월	9월
최저기온	23°C	13°C
최고기온	34.4°C	28.7°C
평균기온	28.2°C	21.9°C
폭염일수	11일	9일
평균 일교차	6.9°C	7.6°C

- 8월 광주의 최고기온은 34.4°C(08. 19.)를 기록했으며, 평균기온은 28.2°C를 나타냈다.
- 9월은 기온이 전반적으로 낮아졌으며, 평균기온 21.9°C로 8월 대비 6.3°C가 낮게 나타났다.
- 폭염일수는 8월은 11일이었으나, 9월은 9일이다.
- 9월이 되면서 지역의 평균기온이 낮아졌지만, 최고기온의 경우 8월의 평균기온보다 높은 28.7°C(09. 04.)를 나타내기도 했다.
- 평균 일교차는 9월이 7.6°C로 8월보다 일교차가 크게 나타났다.
- 6~9월 폭염일수는 13일로서 광주의 최근 10년 폭염 평균일수(23일)보다 10일이 줄어 들었다. 이는 올해 30mm이상의 강수일수(7일)가 많아서 영향을 미친 것으로 파악된다.
- 8월 7~8일 강수량이 많은날 지역의 온도가 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 9월 이후 강수가 없어지면서 지역의 기온이 상승하고 8월 19일 최고 기온인 34.4°C까지 상승했다.
- 8월 26일부터 9월 18일까지 지역내 지속적인 강수가 발생했는데 강수 발생 초기에는 지역의 기온이 서서히 낮아졌으나 강수가 지속되면서 급격하게 내려가는 것이 확인된다.
- 9월 18일까지 지속된 강수로 인해 광주지역의 기온은 최저 13.0°C까지 내려갔다.

ICE (재) 국제기후환경센터

2020년 9월호, 연구개발실 기후연구팀

8월~9월의 광주 기온 히트맵(Heat map) 켤런더

- 히트맵(Heat map) 켤런더의 가로는 날짜 세로는 시간, 색은 시간 최고기온을 나타낸다.
- 8월 15~20일, 12~15시경 폭염이 극심했으며, 야간에 열대야도 발생했다.
- 9월은 전반적으로 기온이 감소함을 보이나, 낮 동안 기온이 상승하는 경우가 확인된다.

광주시 8월과 9월의 체감온도 분포

- 9월 15일에 대해 체감온도(WBGT) 분석하여 8월과 비교하였다.
- 8월은 강마도 있었지만 폭염도 가장 심하게 나타났다.
- 시가지지역의 도로, 건물 등에서 태양복사열이 높아 체감온도도 전반적으로 높게 나타나 시민들 불편이 있을 것으로 예상된다.
- 9월은 8월보다 기온과 태양복사열이 낮아 체감온도도 낮게 나타나 비교적 쾌적한 환경이 조성될 것으로 판단된다.

ICE (재) 국제기후환경센터

THANK YOU

