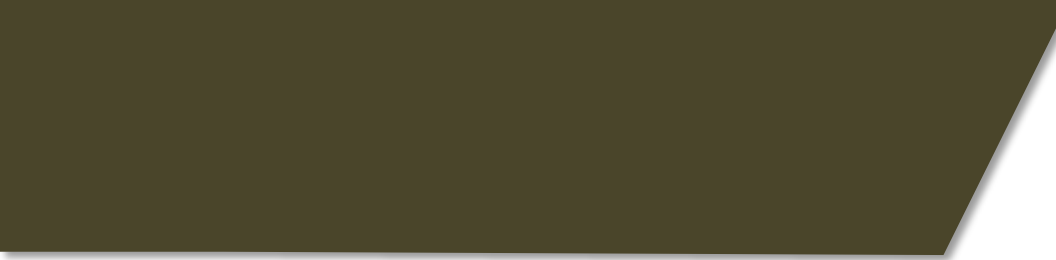





다양한 생물
건강한 부산
행복한 시민

그린인프라 공간분석을 통한 부산시 기후변화 적응성 강화 방안

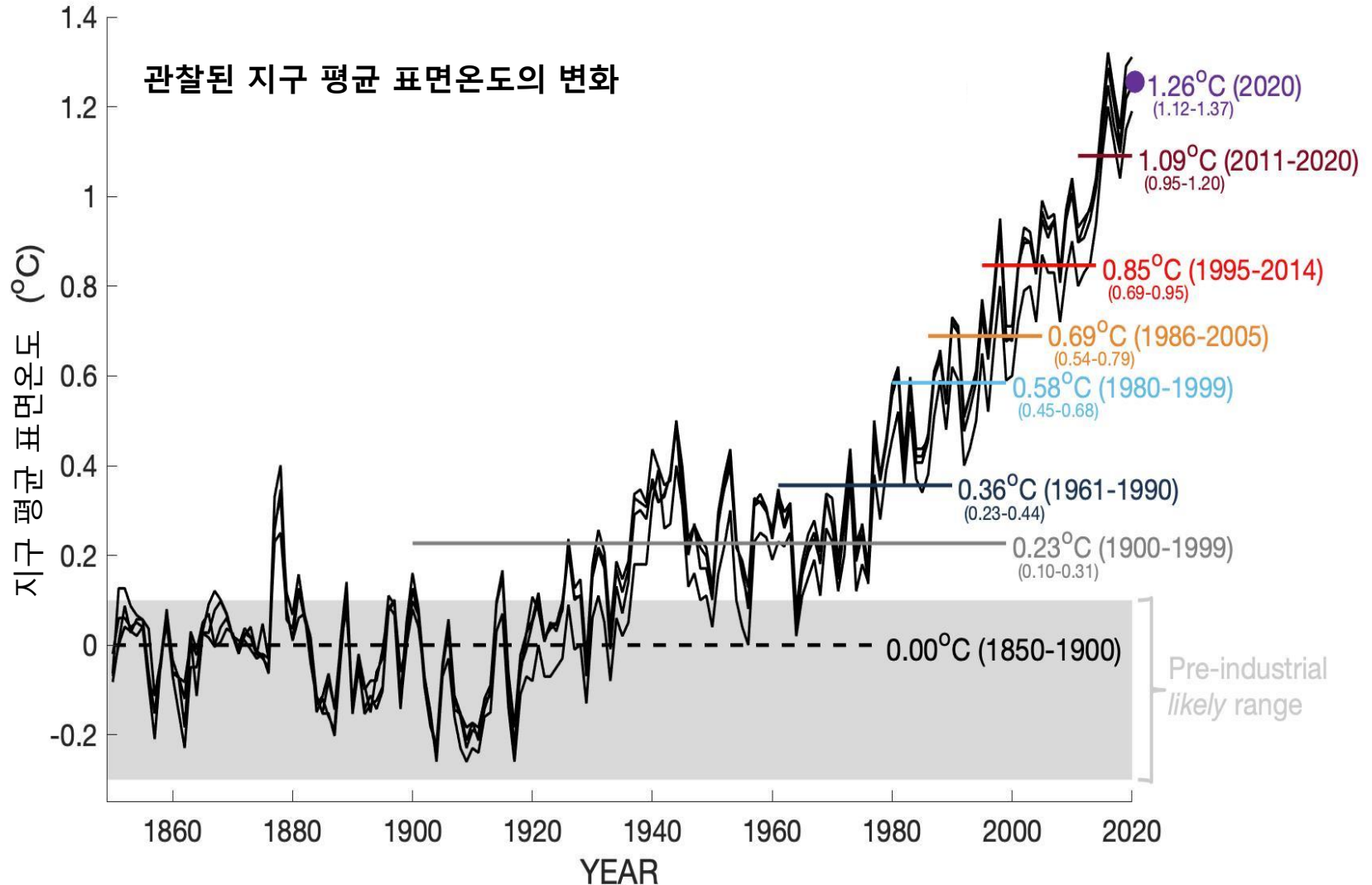
부산연구원
여운상

- 
- 
- 01 기후변화 실태와 예측**
 - 02 그린인프라 공간분석
및 기후특성
 - 03 그린인프라 구축방안

01 기후변화 실태와 예측

지구의 기후변화 실태

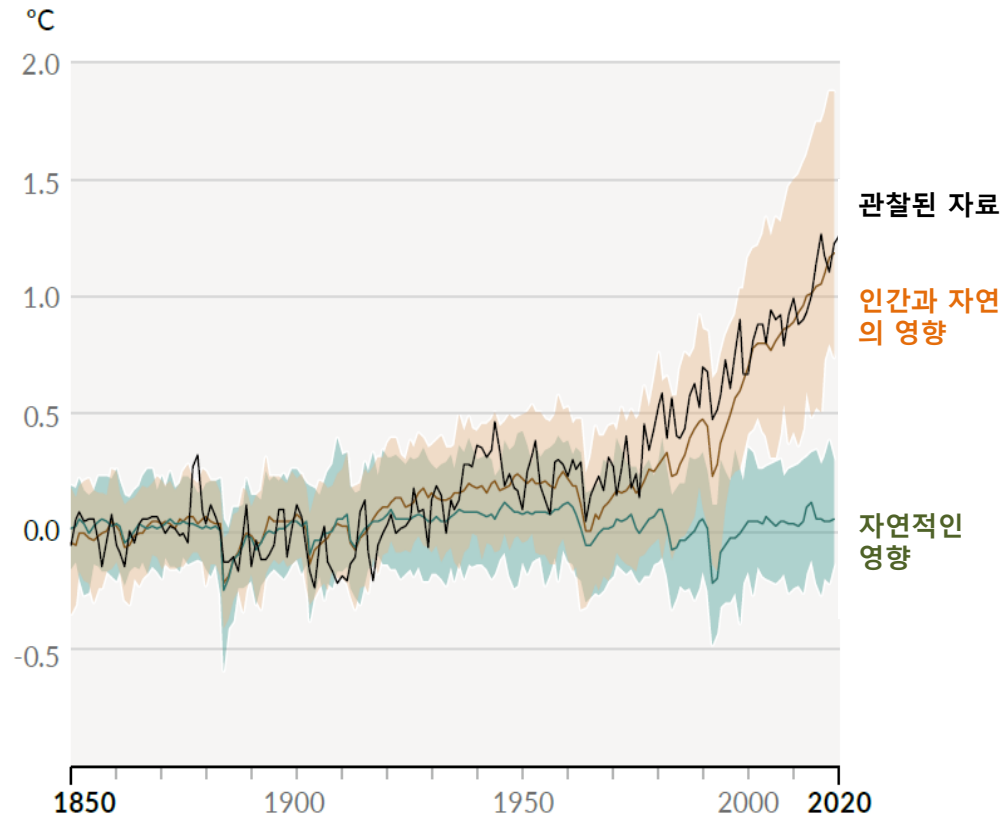
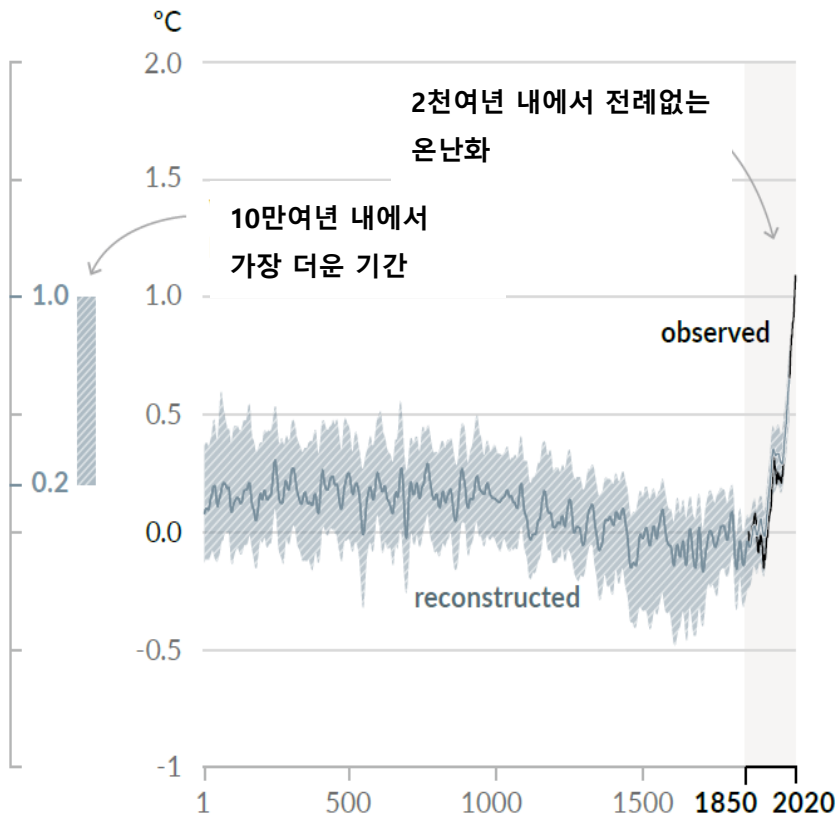
*자료 : IPCC, 2021, Climate change 2021_ the physical science basis



01 기후변화 실태와 예측

지구의 기후변화 실태

*자료 : IPCC, 2021, Climate change 2021_ the physical science basis

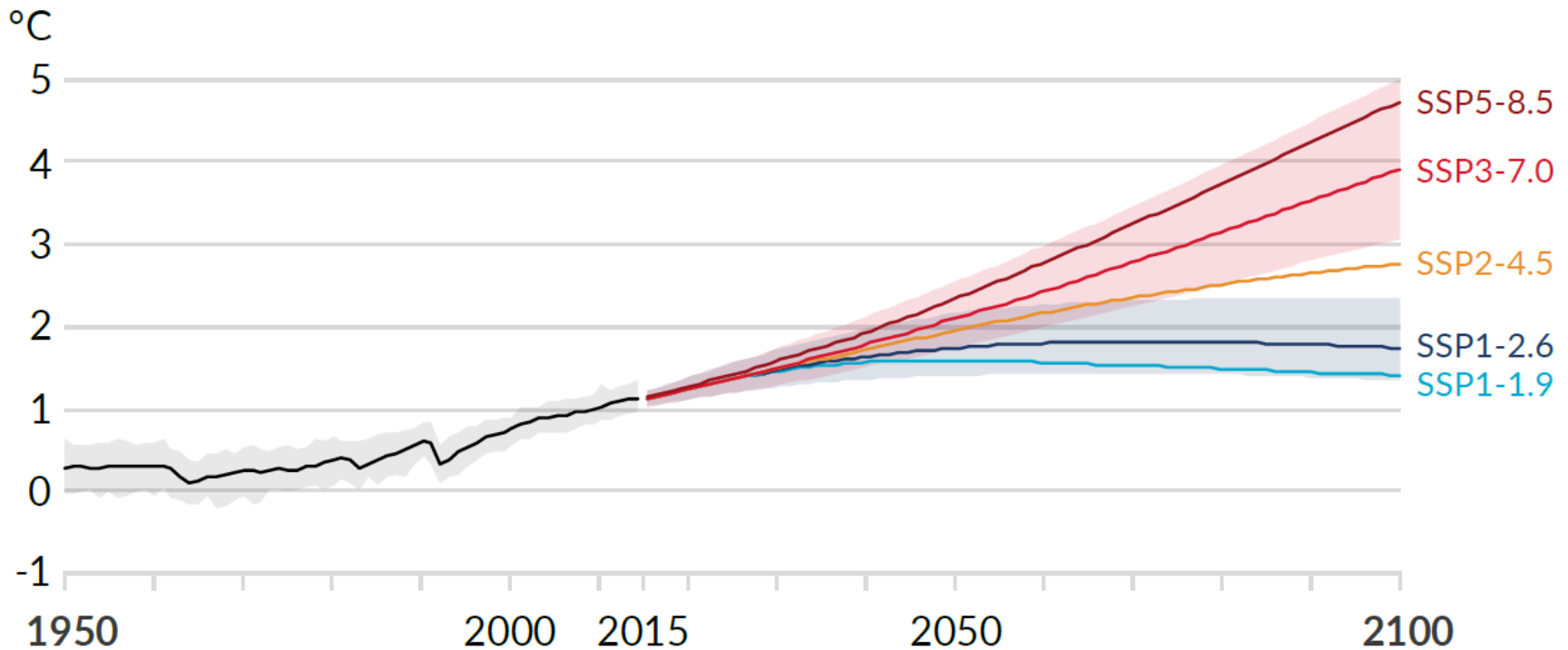


01 기후변화 실태와 예측

지구의 기후변화 예측

*자료 : IPCC, 2021, Climate change 2021_ the physical science basis

a) 관찰된 지구표면온도의 변화(1850~1900년 대비)



SSP(Shared Socioeconomic Pathways) RCP (Representative Concentration Pathways)

- ▶ SSP1-2.6 : 사회 불균형 감소와 친환경 기술의 발달로 기후변화 완화, 지속성장가능 사회경제 구조의 저배출 시나리오
- ▶ SSP2-4.5 : 중도성장의 사회경제 시나리오로 기후변화 완화 및 사회경제 발전정도가 중간단계를 가정하는 경우
- ▶ SSP3-7.0 : 사회경제 발전의 불균형과 제도적 제한으로 기후변화에 취약한 사회경제 구조의 시나리오 (Baseline)
- ▶ SSP5-8.5 : 기후정책 부재, 화석연료 기반 성장과 높은 인적 투자와 같은 사회경제 구조의 고배출 시나리오

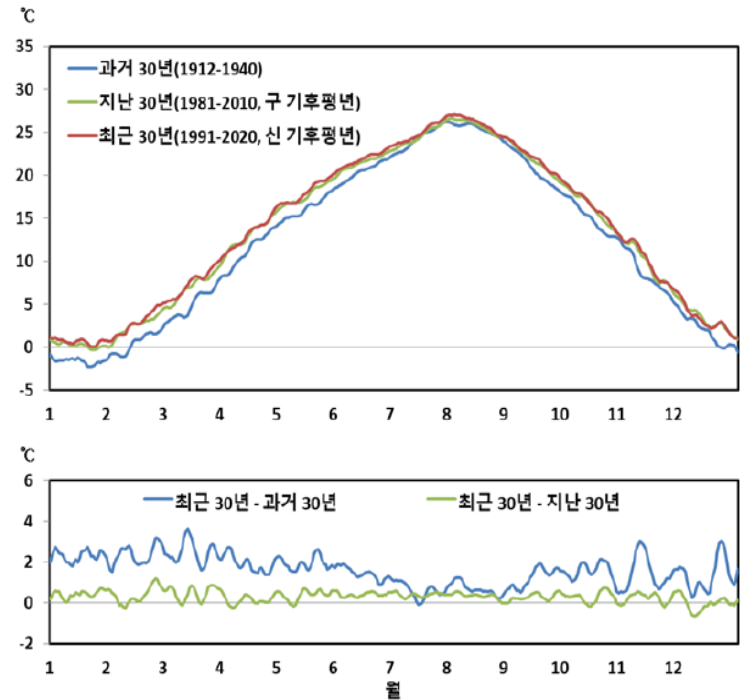
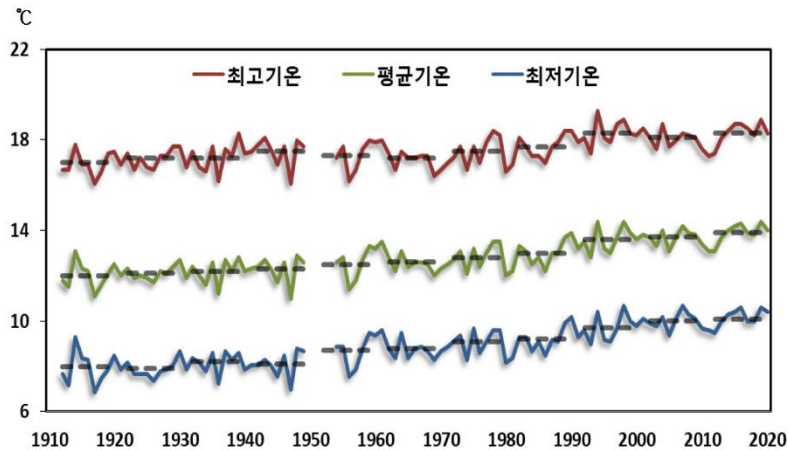
01 기후변화 실태와 예측

우리나라 기후변화의 실태

*자료 : 기상청, 2021, 우리나라 109년 기후변화 분석 보고서

우리나라는 1912~1940의 12.1 °C 대비 2011~2020 13.9 °C로 **1.8 °C 상승**

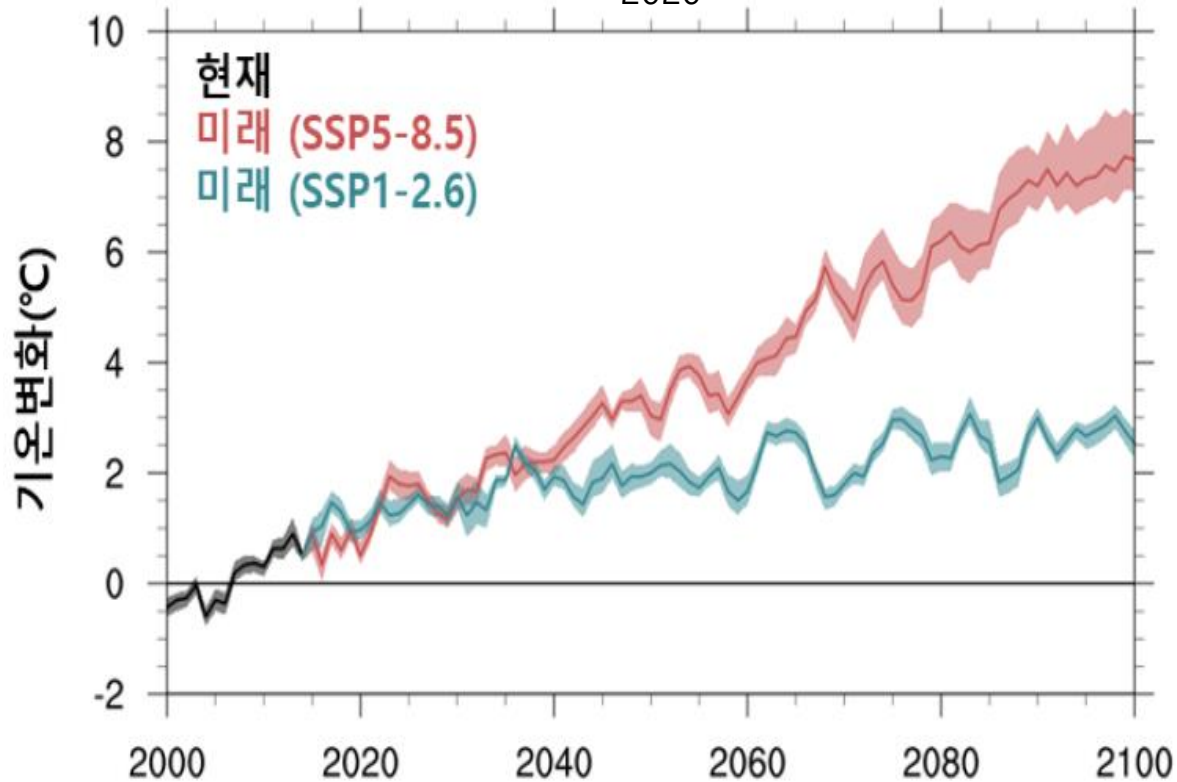
* 전지구적으로는 1850~1900년 대비 2011~2020 **1.09 °C 상승**



01 기후변화 실태와 예측

▶ 우리나라 기후변화 예측

*자료 : 기상청, 2020, 한반도 기후변화 전망보고서
2020



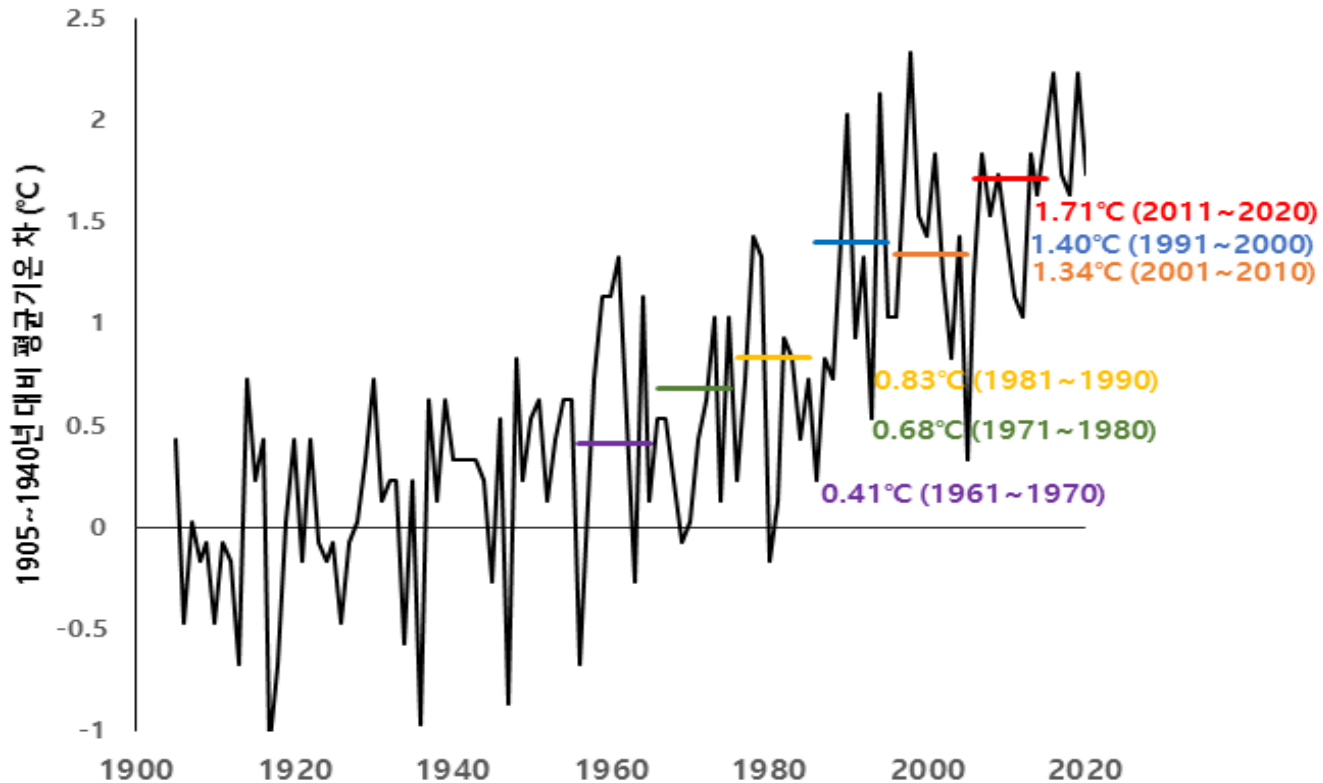
2081~2100

SSP1-2.6에서는 한반도 평균기온은 13.8°C로서 현재보다 약 2.6°C 상승 (전지구 기온상승 예측값 1.8°C)

SSP5-8.5에서는 한반도 평균기온이 18.2°C로서 현재보다 약 7.0°C 상승 (전지구 기온상승 예측값 4.4°C)

01 기후변화 실태와 예측

부산의 기후변화 실태



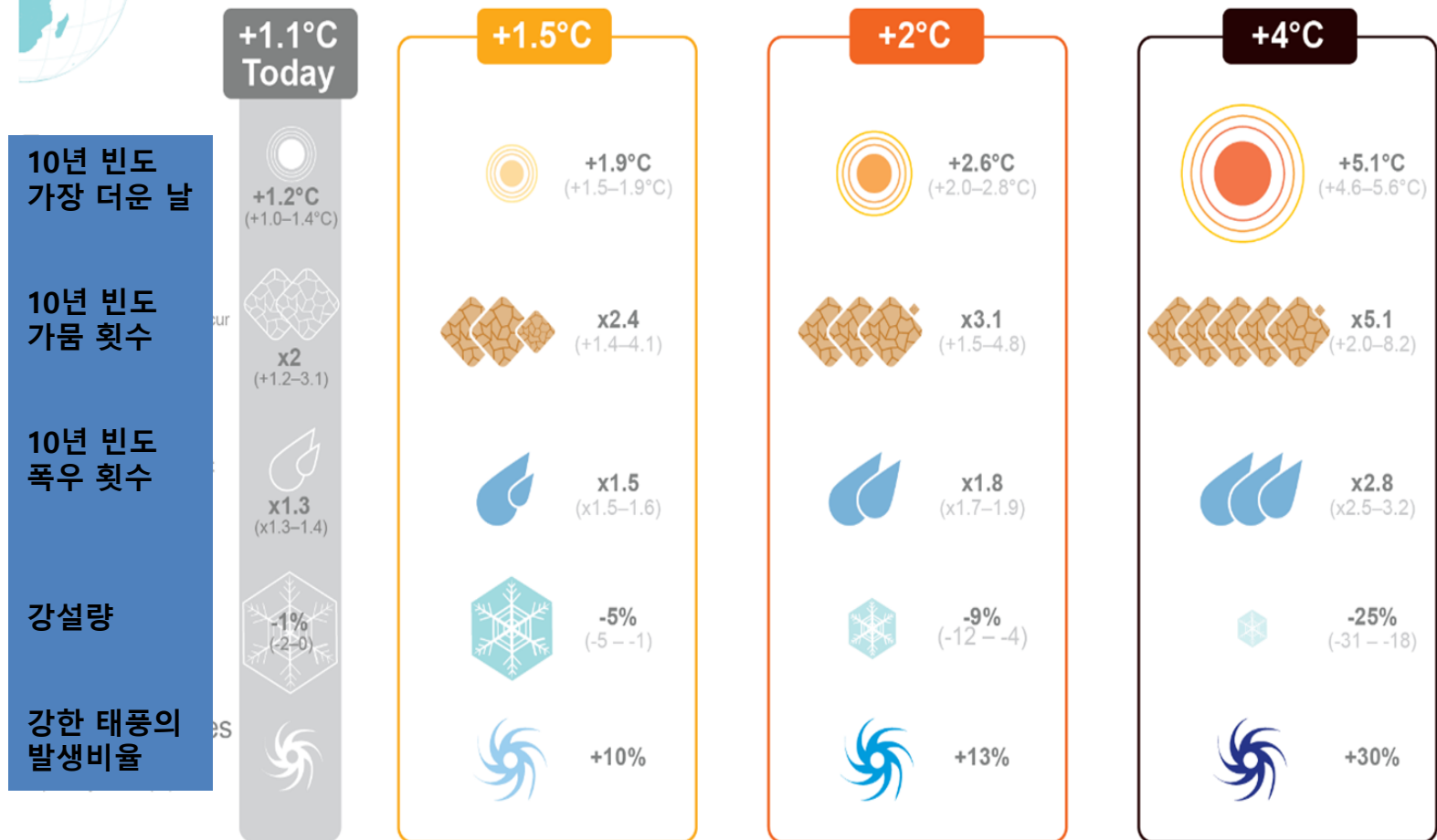
01 기후변화 실태와 예측

기후변화로 인한 영향

*자료 : IPCC, 2021, Climate change 2021_ the physical science basis



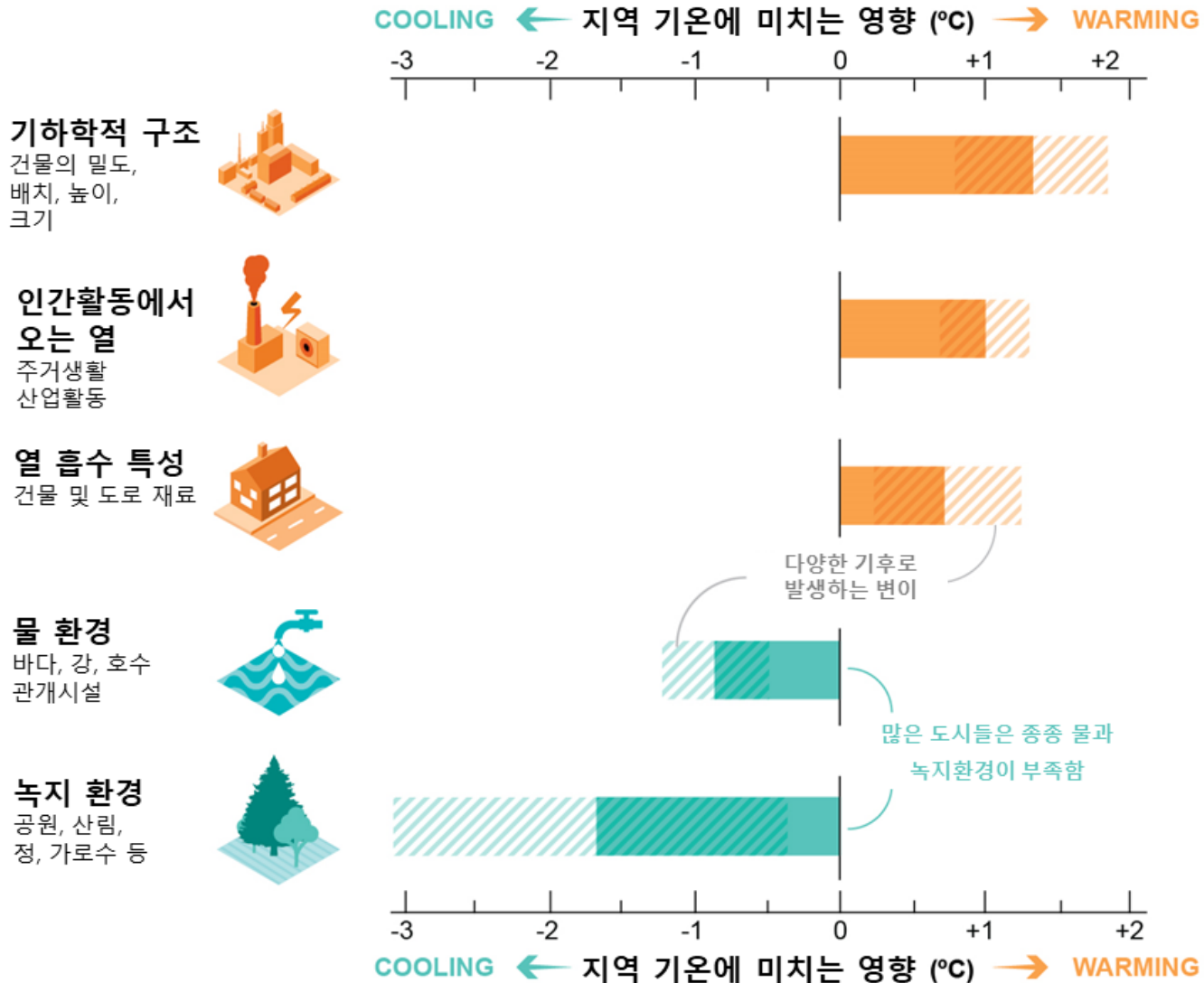
지구 기온의 상승 인한 기후 시스템의 반응(1850~1900년 대비)

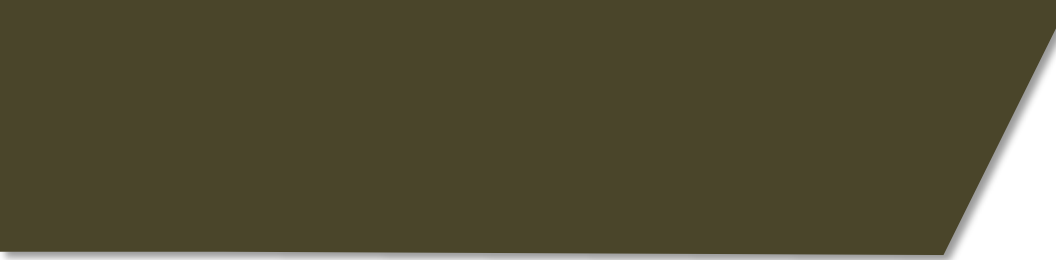



01 기후변화 실태와 예측

도시지역 기온에 미치는 영향

*자료 : IPCC, 2021, Climate change 2021_ the physical science basis



- 
- 
- 01 기후변화 실태와 예측
 - 02 그린인프라 공간분석
및 기후특성**
 - 03 그린인프라 구축방안

그린인프라의 정의 및 기능

○ 자연형 인프라 : 자연적으로 형성되어 자연적으로 관리되고 있는 그린인프라

- 녹지 관련 : 산림, 초지, 보호지역 등
- 습지 관련 : 강, 하천, 하구, 습지, 갯벌 등

○ 반자연 토지형 인프라 : 생태계서비스나 레크레이션 등을 공급하기 위해 유지되거나 조성된 공간으로 사람에 의해 관리되는 그린인프라

- 녹지 관련 : 공원, 정원, 도시숲 등
- 습지 관련 : 저수지, 유수지 등

○ 반자연 시설형 인프라 : 도시환경의 생태적 기능을

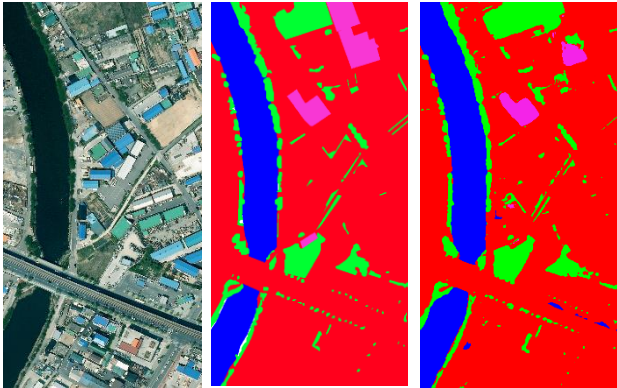
향상시키기 위해 설치된 시설

- 녹지관련 : 벽면녹화, 옥상녹화, 입체녹화, 조경시설 등
- 습지관련 : 우수저장통, 빗물정원, 생태 주차장, 투수 포장 등



02 그린인프라

▶ 그린인프라 분포 (2019)



항공사진

정답지

AI 추출 녹지



- 2019년 항공사진(해상도 25cm)
- 부산을 2048×1024 크기의 사진 20,000장으로 구분 이중 약 330장을 선별하여 훈련을 위한 라벨링
- 구글에서 개발한 딥러닝 기반의 Segmentation 네트워크인 DeepLabV3+

02 평균 지표면 온도 분포

평균 지표면 온도 분포 (2019년 경)

평균 : 25.1°C

최저 : 14.3°C

최대 : 36.0°C

SR

Landsat 8 Collection 1 Level-1



Atmospheric correction



Calculate NDVI , proportion of vegetation
(Pv)

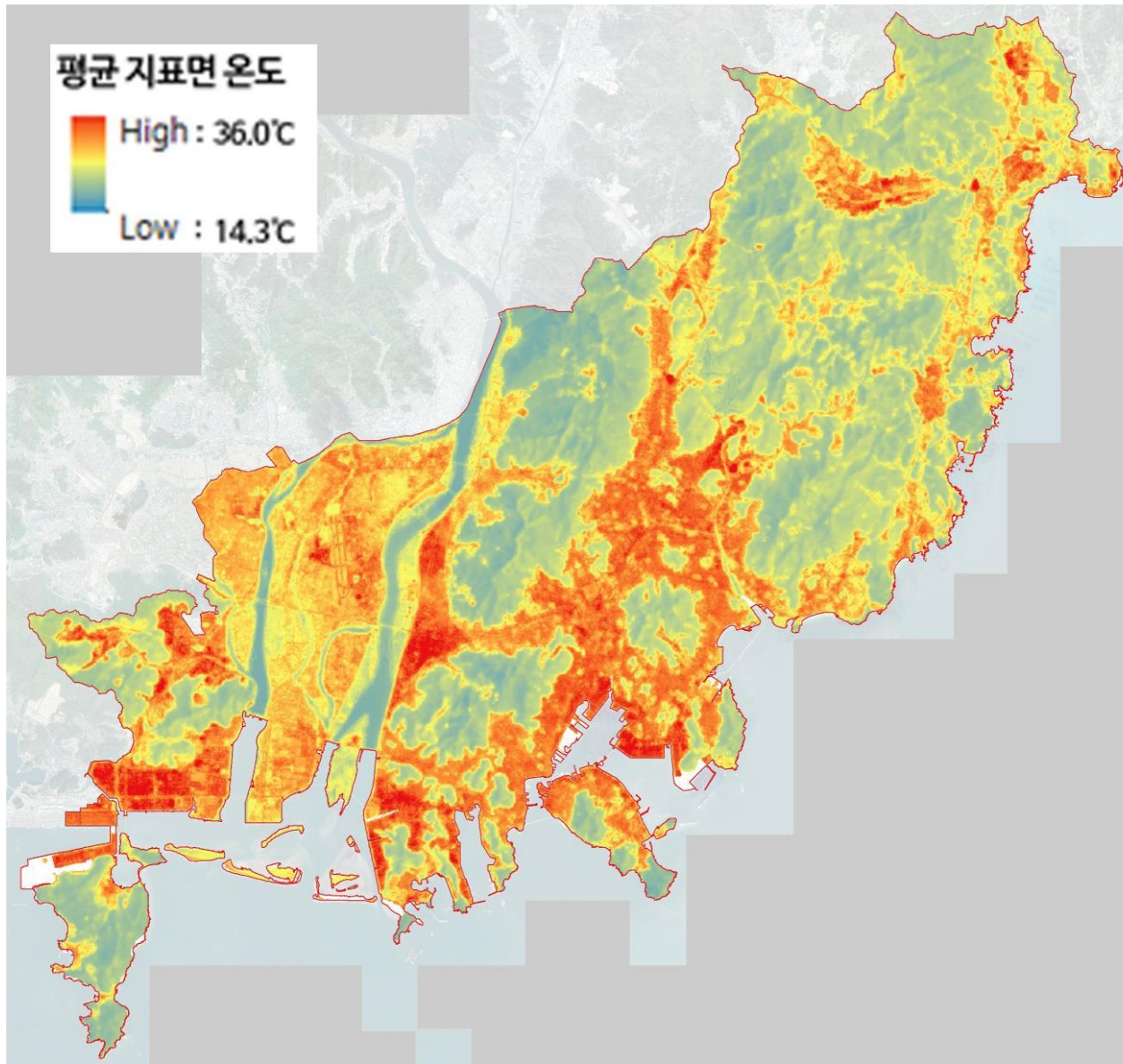


Calculate LST

$LST = (BT / (1 + (\text{wavelength} / \text{emitted radiance} * BT / p))) * \ln(e)$

$e(\text{Emissivity}) = 0.004 P_v + 0.986$

$p = 1.438 \times 10^{-2} mk$

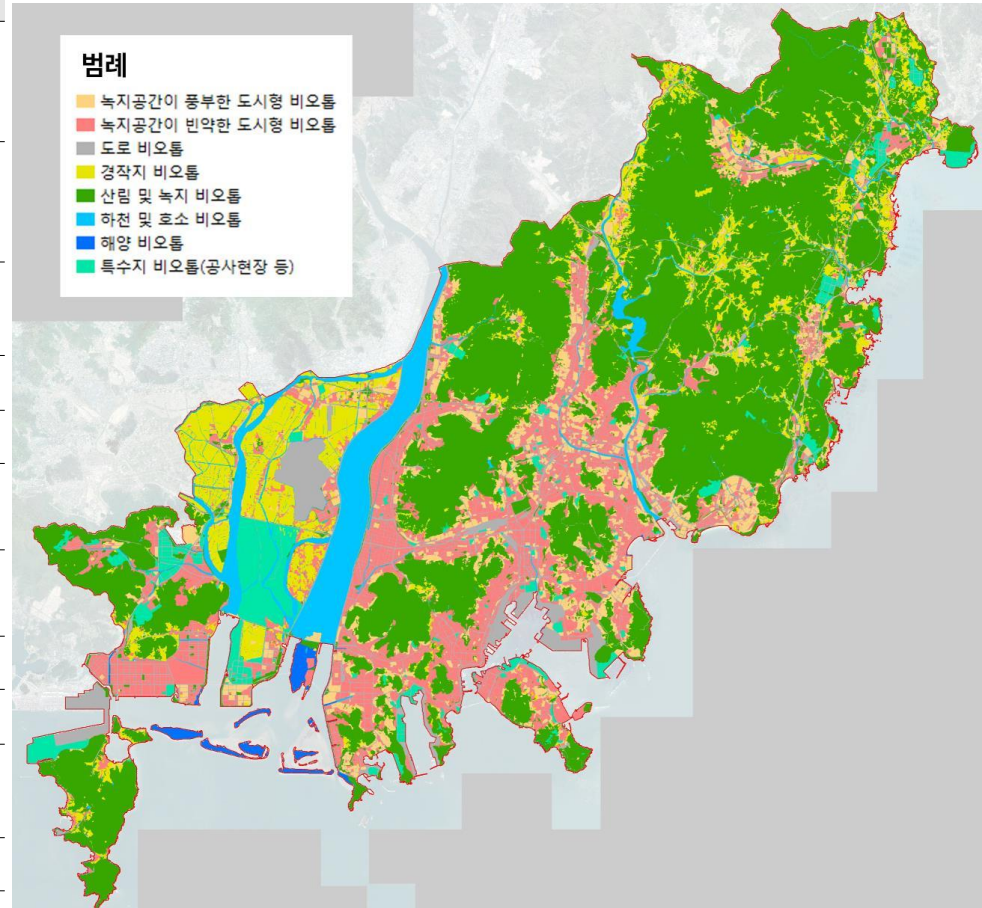


02 도시생태현황별 지표온도

도시생태현황도 (2019)

구분	전체 면적 (km ²)	그린인프라		평균 지표면 온도 (°C)	
		면적 (km ²)	그린인프라율 (%)		
도시형 비오톱	녹지공간 풍부한 도시형비오톱	60.2	15.0	24.8	28.1
	녹지공간 빈약한 도시형비오톱	116.4	9.6	8.2	30.7
	도로 및 교통시설 비오톱	67.7	5.3	7.8	29.9
	소계	244.4	29.8	12.2	29.8
비도시형 비오톱	경작지 비오톱	74.8	24.2	32.4	26.4
	산림및녹지 비오톱	367.0	350.4	95.5	21.7
	하천및호소 비오톱	47.8	41.2	86.2	22.6
	해양비오톱	8.7	3.4	38.5	24.0
	소계	498.3	419.2	84.1	22.6
기타 비오톱 (군사시설, 공사현장 등)	35.0	5.0	14.2	27.8	
총합계	777.6	453.9	58.4	25.1	

기상관측장치(12개 지점) 11:00 평균 기온 20.8°C
 기상관측장치 주변 평균 지표면 온도 24.6°C

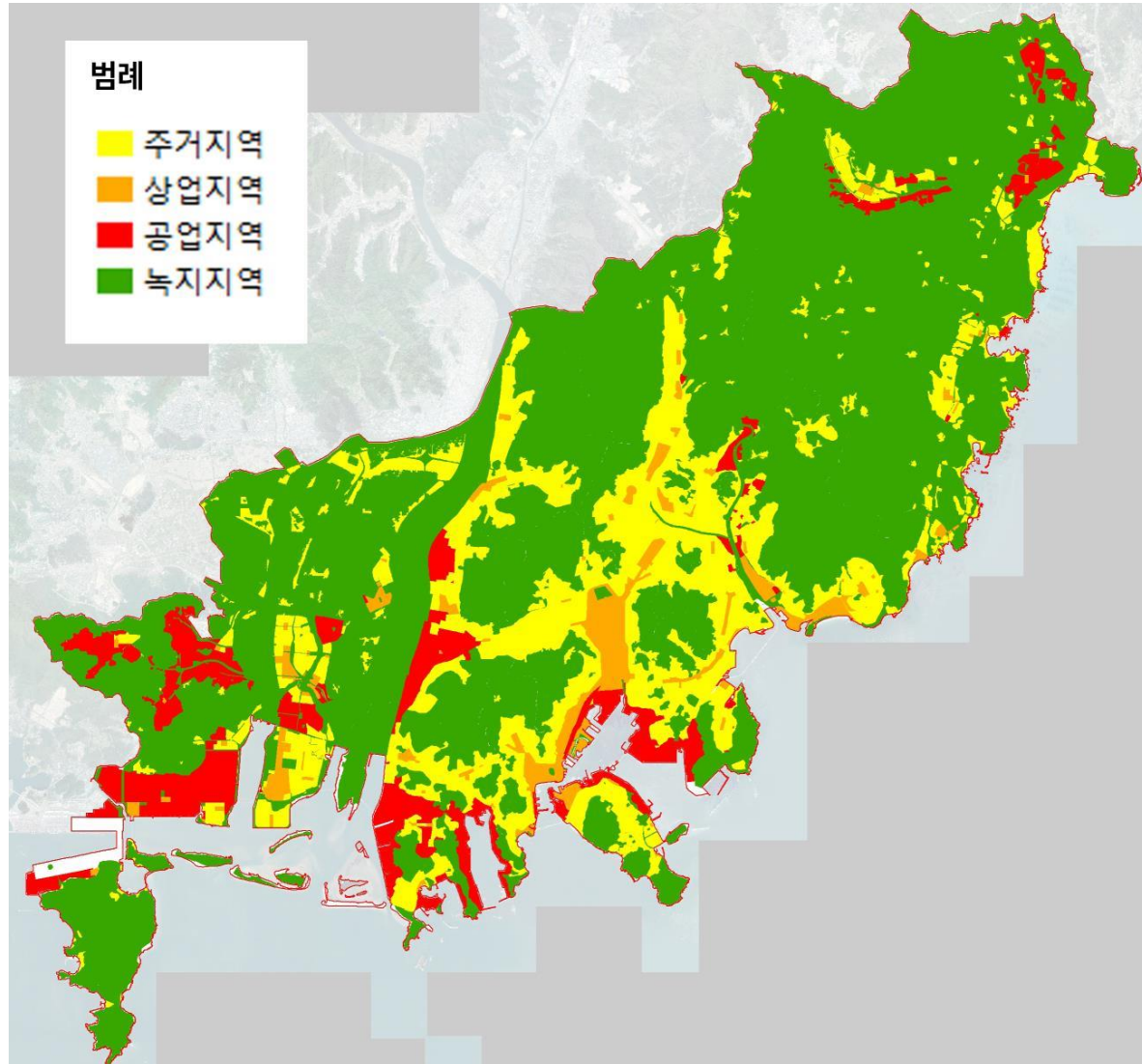


02 용도지역별 지표온도

용도지역 (2019)

기상관측장치(12개 지점) 11:00 평균 기온 20.8°C
 기상관측장치 주변 평균 지표면 온도 24.6°C

구분	전체 면적 (km ²)	그린인프라		평균 지표면 온도 (°C)
		면적 (km ²)	그린인프라율 (%)	
주거지역	147.7	23.0	15.6	29.2
상업지역	26.2	2.0	7.5	30.4
공업지역	60.4	6.7	11.1	31.6
녹지지역	542.2	421.9	77.8	23.0
미지정	1.2	0.4	32.8	25.1
총합계	777.6	453.9	58.4	25.1



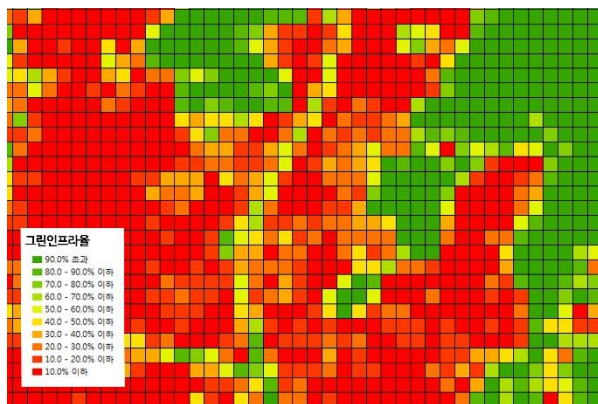
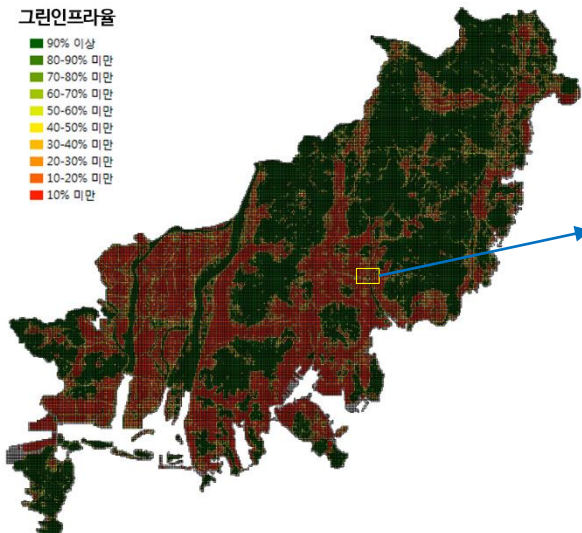
02 그린인프라율과 지표온도

그린인프라 비율과 평균지표면 온도 (2019년 경)

100m×100m크기의 격자 80,377개

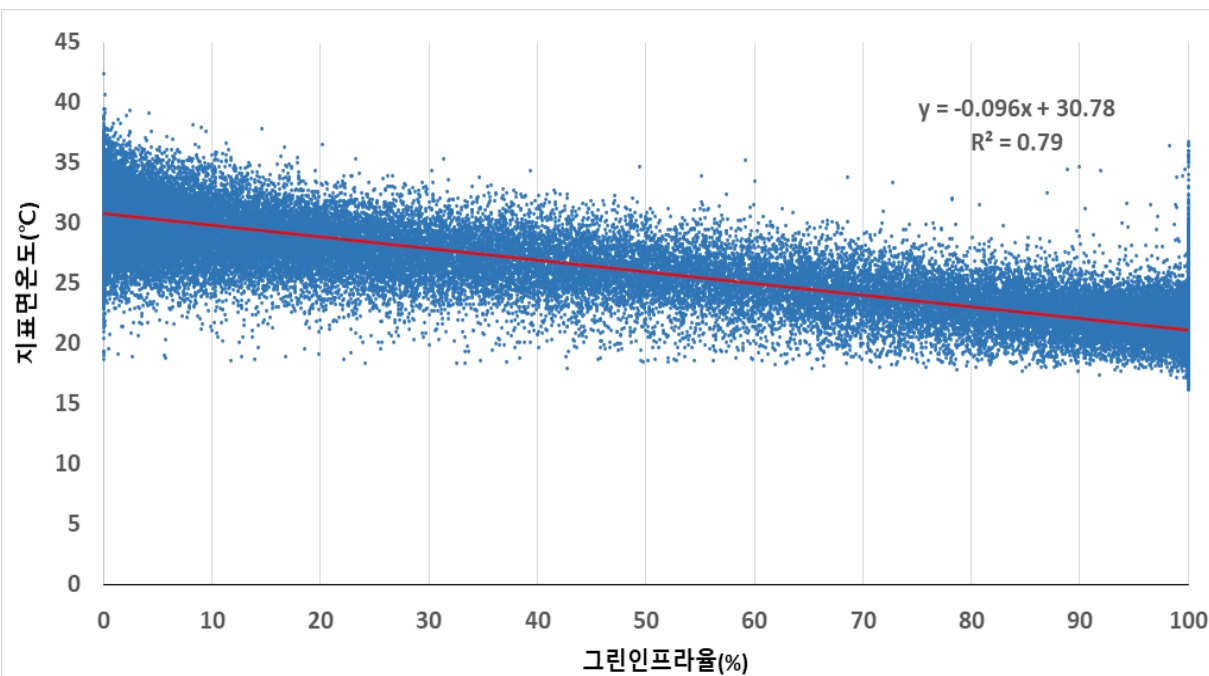
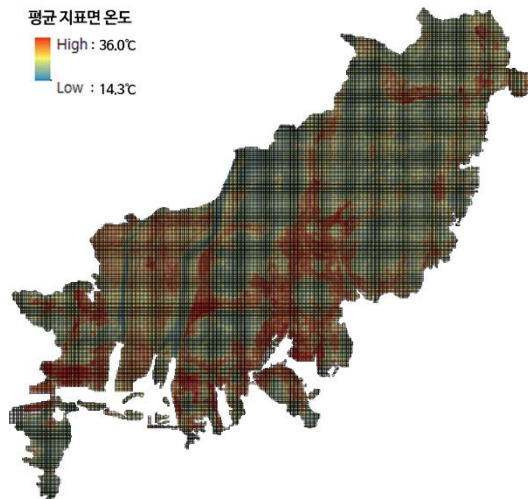
그린인프라율

- 90% 이상
- 80-90% 미만
- 70-80% 미만
- 60-70% 미만
- 50-60% 미만
- 40-50% 미만
- 30-40% 미만
- 20-30% 미만
- 10-20% 미만
- 10% 미만



평균 지표면 온도

- High : 36.0°C
- Low : 14.3°C



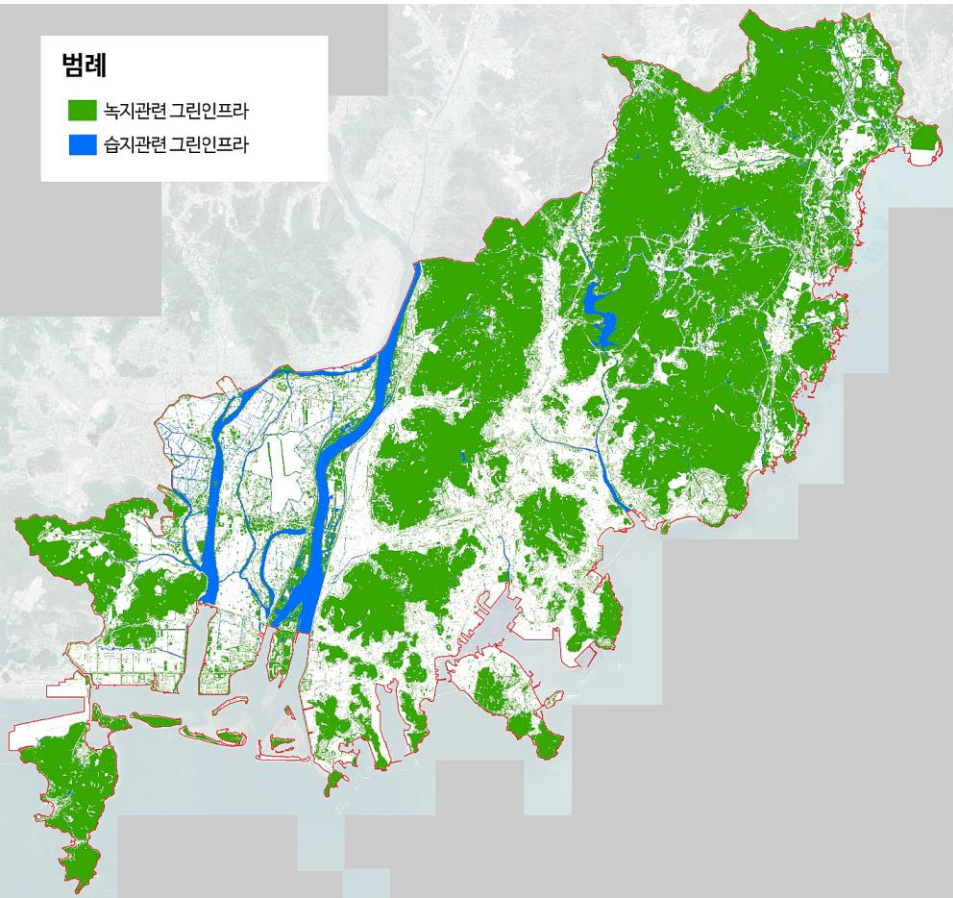
02 녹지관련 vs 습지관련

평균 지표면 온도 분포(2019년 경)

- 녹지관련 그린인프라 비율이 90%이상인 블록(1ha) : 29,297개
 - ☞ 21.3 °C(평균) ± 1.6 °C(표준편차)
- 습지관련 그린인프라 비율이 90%이상인 블록(1ha) : 1,723개
 - ☞ 19.9 °C(평균) ± 1.2 °C(표준편차)

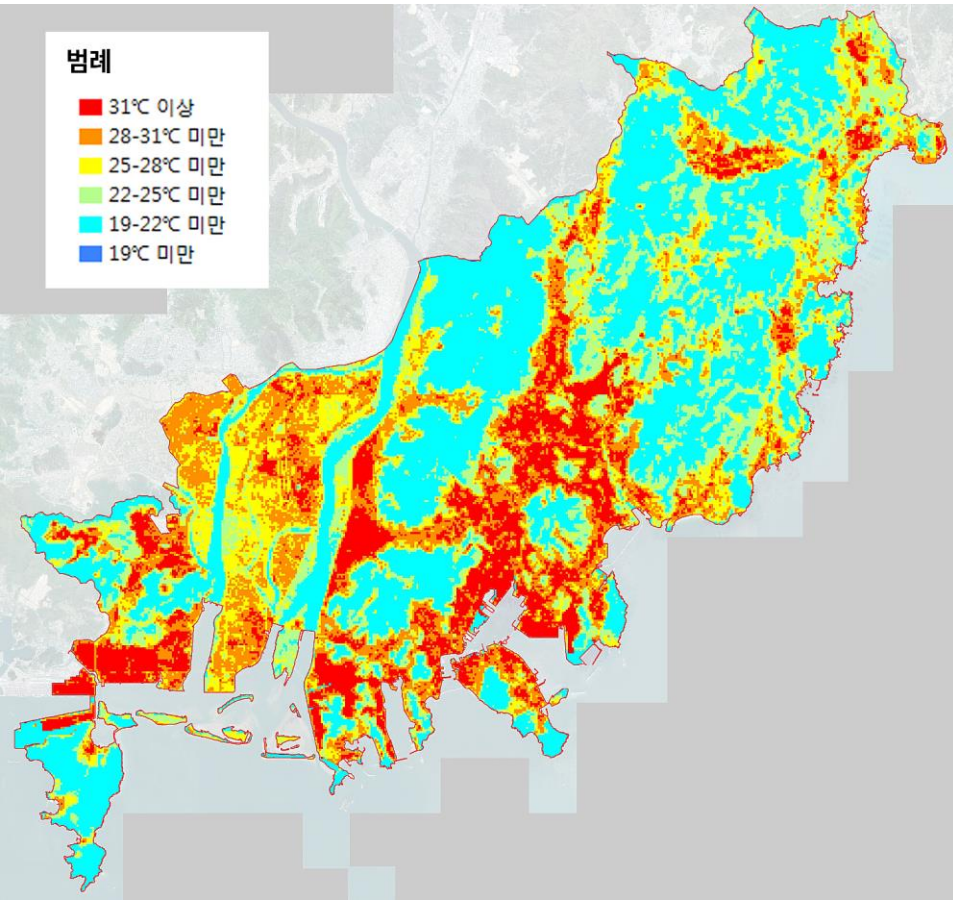
범례

- 녹지관련 그린인프라
- 습지관련 그린인프라



범례

- 31°C 이상
- 28-31°C 미만
- 25-28°C 미만
- 22-25°C 미만
- 19-22°C 미만
- 19°C 미만

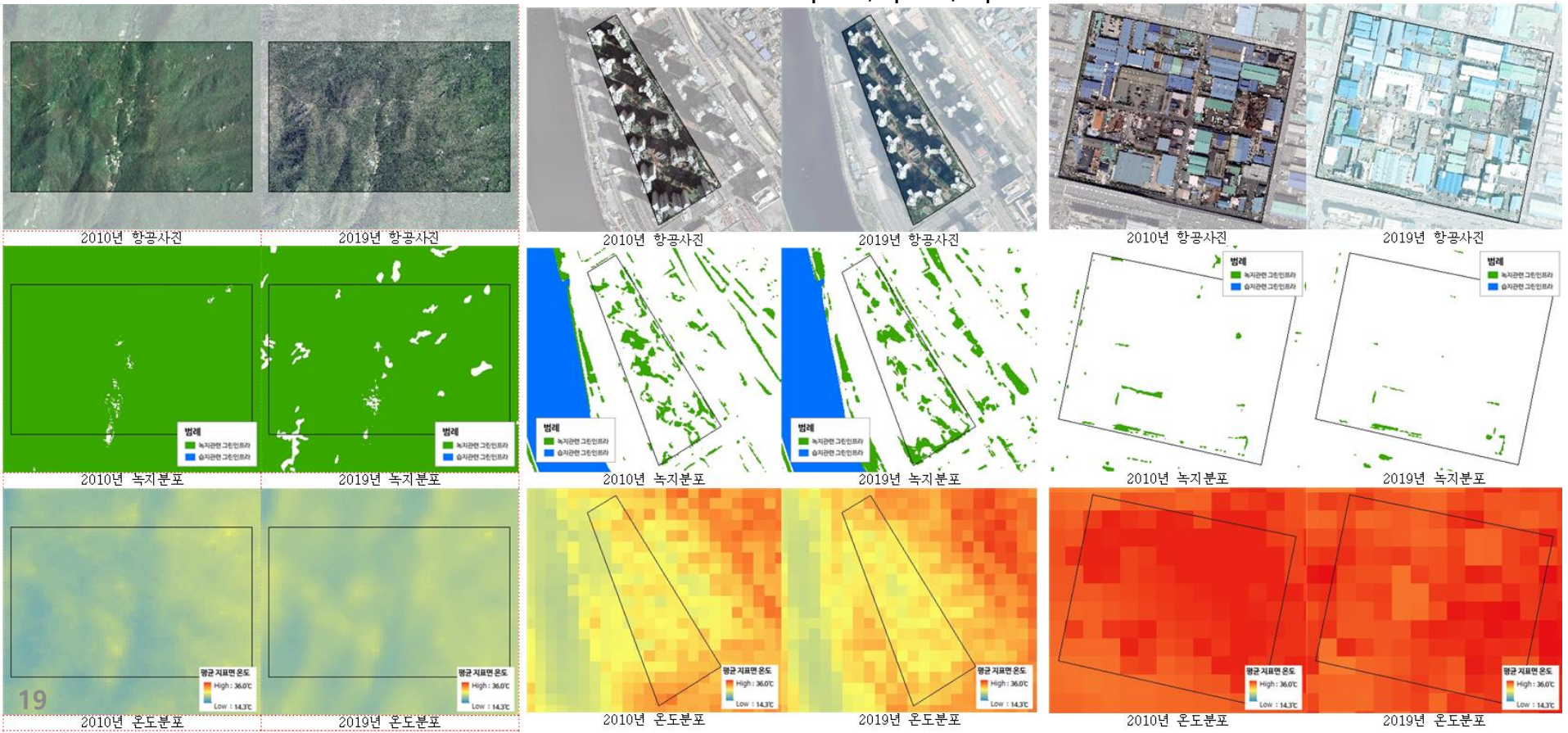


02 2010년과 2019년 비교

변하지 않은 지역

종속변수	집단	표본수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (산림지역)	2010년경	31	20.7	2.0	0.0003	0.999
	2019년경	31	20.7	1.0		
평균 지표면 온도 (주거지역)	2010년경	27	28.8	1.6	0.29	0.772
	2019년경	27	28.7	2.1		
평균 지표면 온도 (공업지역)	2010년경	10	34.1	0.6	-1.13	0.287
	2019년경	10	34.3	0.8		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



02 2010년과 2019년 비교

산지, 농지가 도시형으로 변화

종속변수	계수	표본 수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (산지가 시가화된 지역)	2010년 경	22	24.1	3.2	-7.16***	0.000
	2019년 경	22	28.3	2.6		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



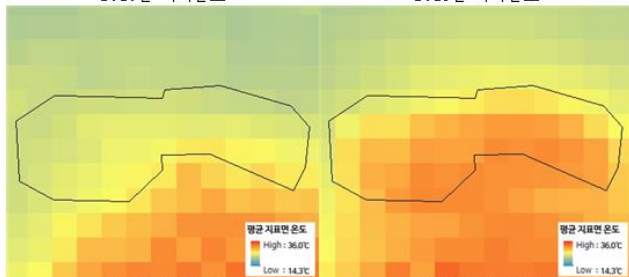
2010년 항공사진

2019년 항공사진



2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

2019년 온도분포

종속변수	집단	표본 수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (농지가 시가화된 지역)	2010년 경	29	27.1	2.1	-5.77***	0.000
	2019년 경	29	30.0	1.8		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



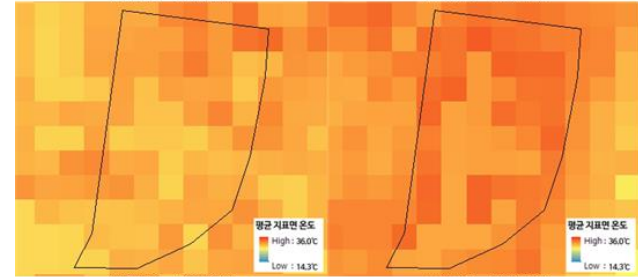
2010년 항공사진

2019년 항공사진



2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

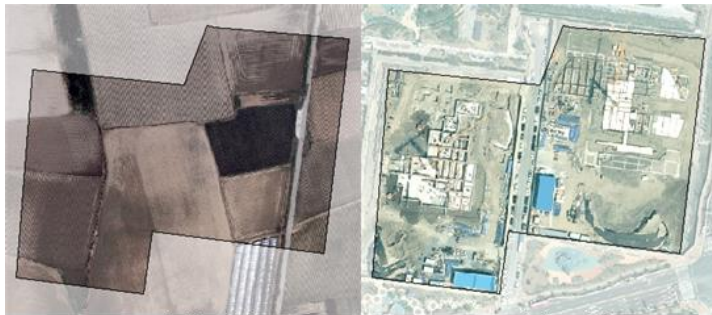
2019년 온도분포

02 2010년과 2019년 비교

산지, 농지가 공지로 변화

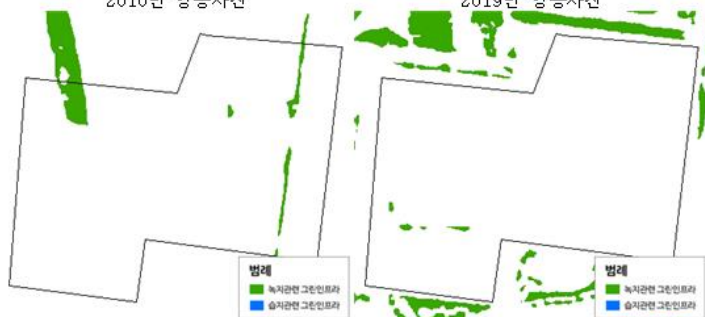
종속변수	집단	표본수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (산지 및 농지에서 공사현장으로)	2010년경	37	25.0	3.1	-7.37***	0.000
	2019년경	37	28.1	2.2		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



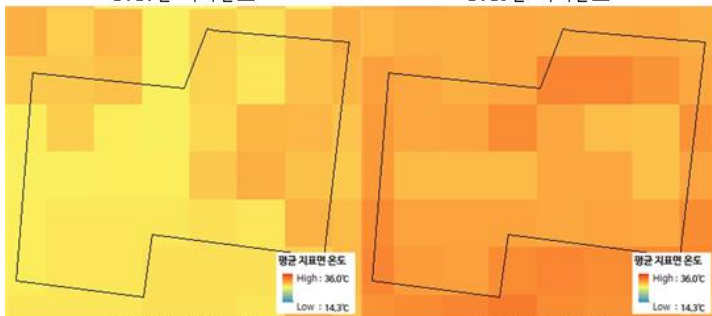
2010년 항공사진

2019년 항공사진



2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

2019년 온도분포

02 2010년과 2019년 비교

공지가 도시형으로 변화, 도시형이 공지로 변화

종속변수	집단	표본수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (공지에서 시가화된 지역)	2010년 경	48	28.5	2.7	0.45	0.656
	2019년 경	48	28.4	1.8		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



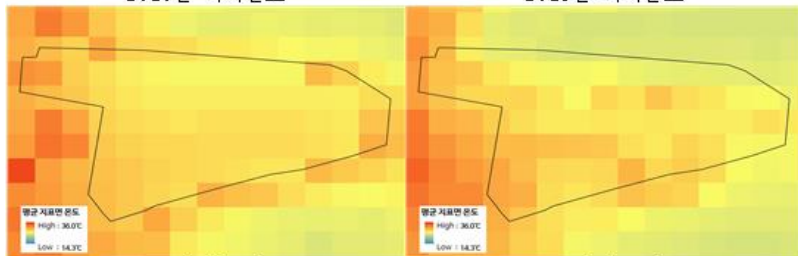
2010년 항공사진

2019년 항공사진



2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

2019년 온도분포

종속변수	집단	표본수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (시가화된 지역에서 공사현장)	2010년 경	14	30.0	1.2	2.03*	0.038
	2019년 경	14	29.3	1.5		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



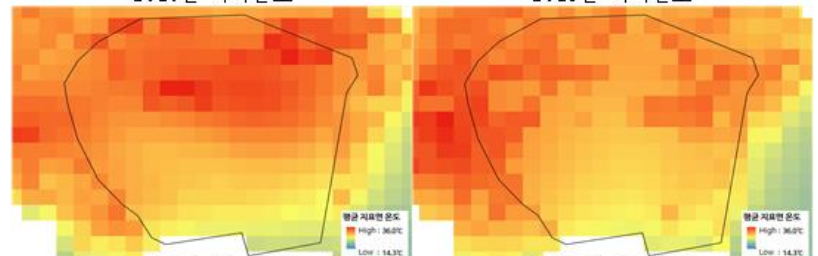
2010년 항공사진

2019년 항공사진



2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

2019년 온도분포

02 2010년과 2019년 비교

수목 식재 효과 및 생장 효과

종속변수	집단	표본수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (반자연 토지형 그린인프라 조성)	2010년 경	15	28.8	1.8	-0.32	0.751
	2019년 경	15	29.0	2.9		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



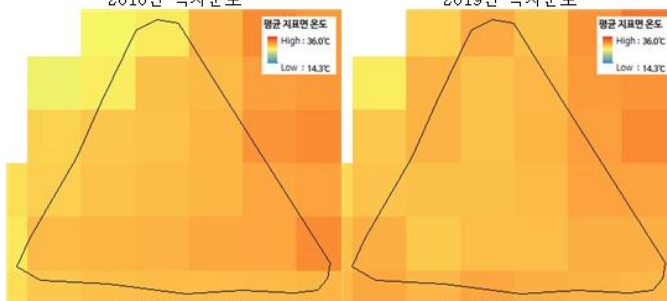
2010년 항공사진

2019년 항공사진



2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

2019년 온도분포

종속변수	집단	표본수	평균	표준편차	t	p
평균 지표면 온도 (식물생장에 따른)	2010년 경	6	28.9	1.5	5.69**	0.001
	2019년 경	6	26.4	1.3		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001



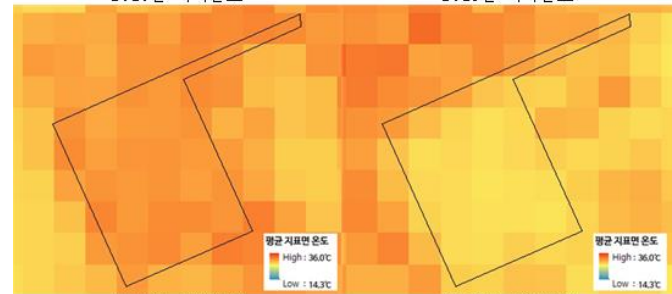
2010년 항공사진

2019년 항공사진



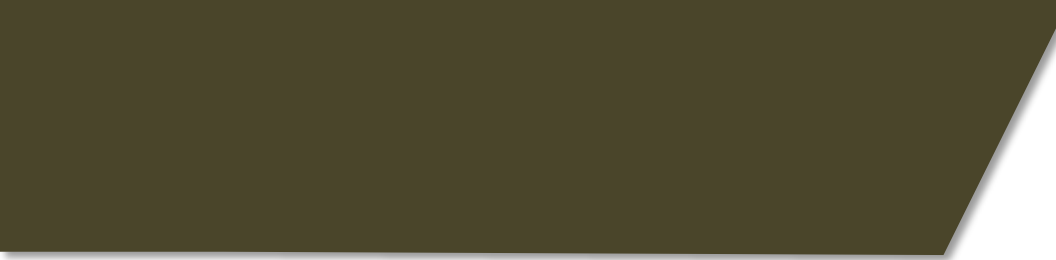

2010년 녹지분포

2019년 녹지분포



2010년 온도분포

2019년 온도분포

- 
- 
- 01 기후변화 실태와 예측
 - 02 그린인프라 공간분석
및 기후특성
 - 03 그린인프라 구축방안**

03 그린인프라 구축 방안

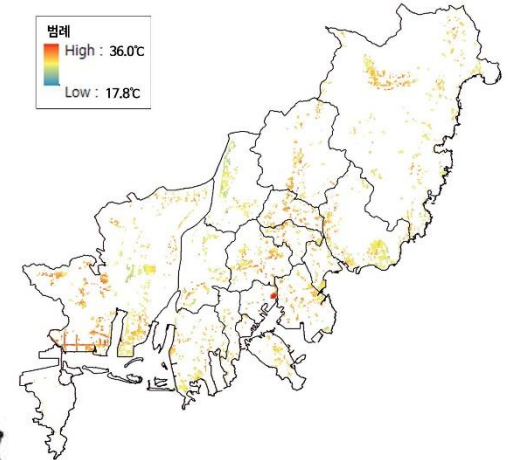
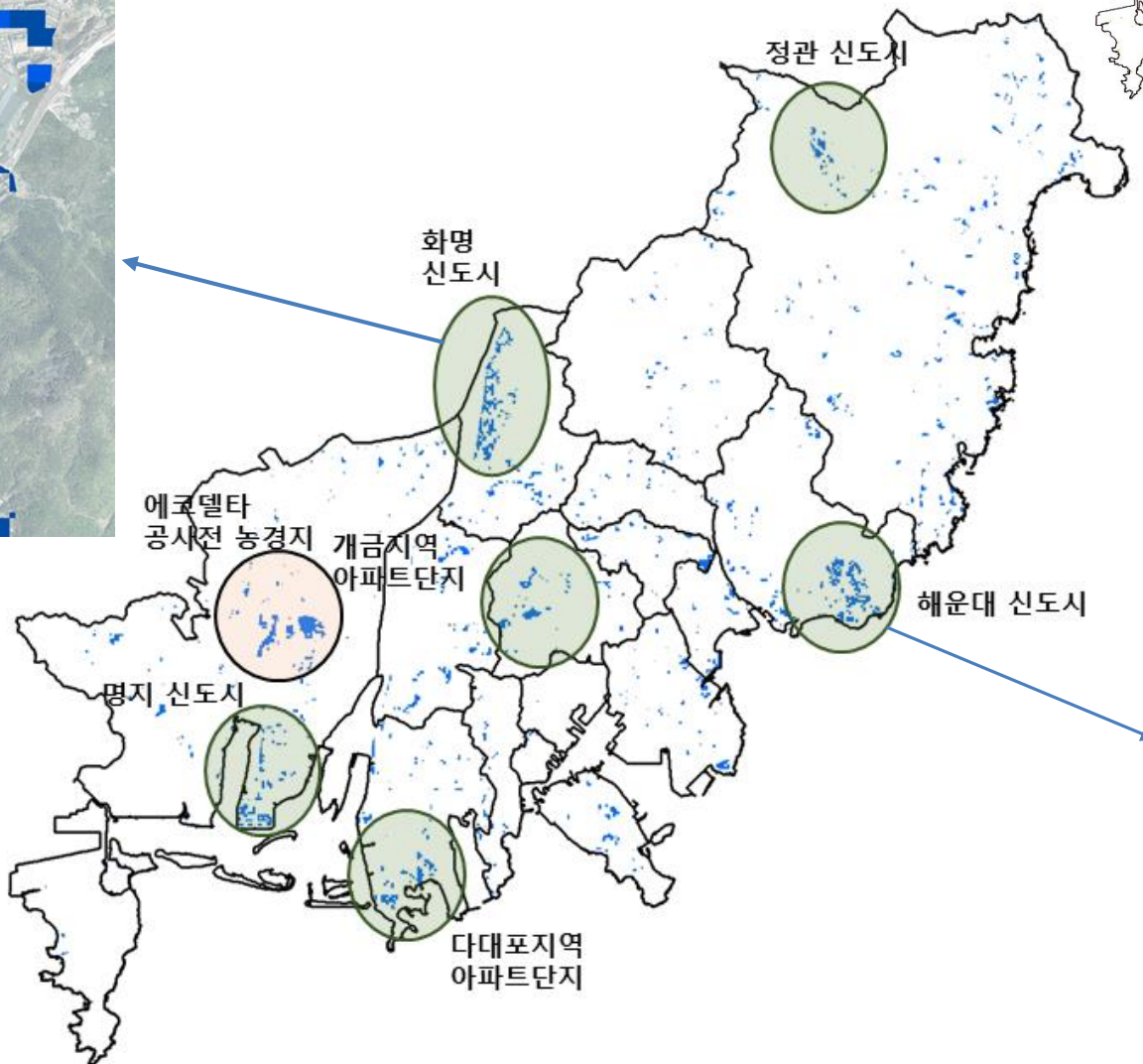
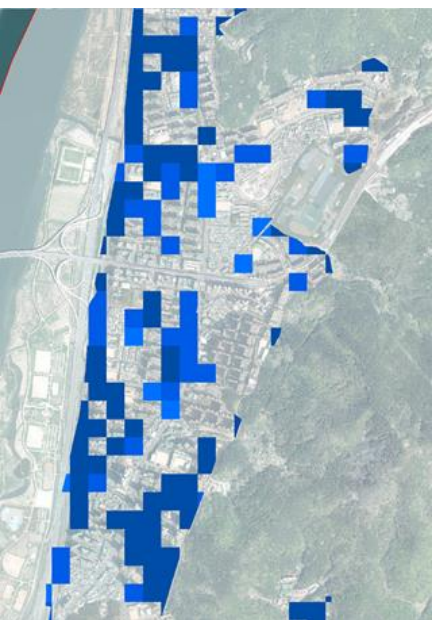
▶ 그린인프라 구축 체계

1. 부산광역시의 그린인프라 구축의 방향성 선정과 네트워크 계획 수립
2. 부산광역시의 그린인프라 실태 조사 및 문제점 분석
3. 지역별 실행 계획 수립 (취약지구에 대한 개선 대책 마련)
4. 각종 관련 제도 도입 (지원정책, 인센티브 등)
5. 시민들과 전문가와의 파트너십 형성

03 그린인프라 우수지역

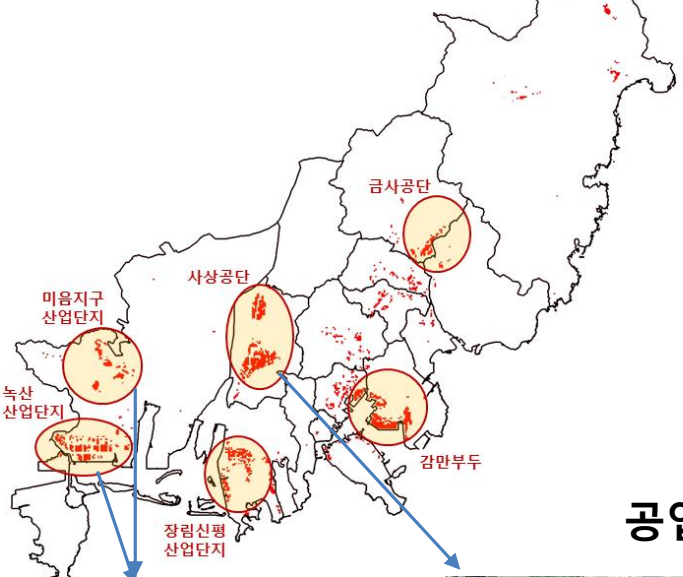
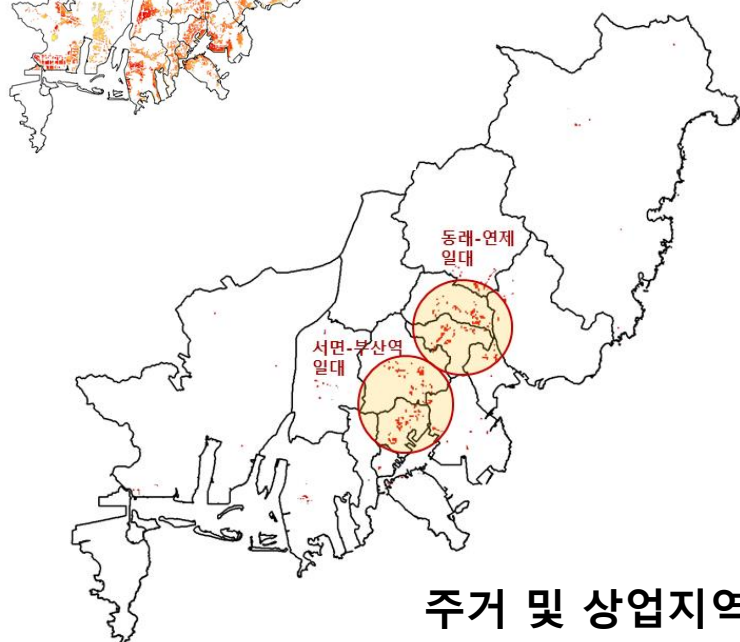
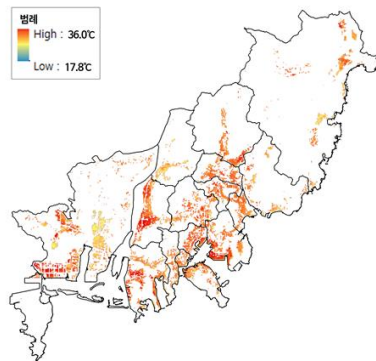
범례
High : 36.0°C
Low : 17.8°C

▶ 그린인프라 우수 지역 : 도시화된 지역에서 그린인프라율 20%이상, 평균 지표면온도 28°C 미만



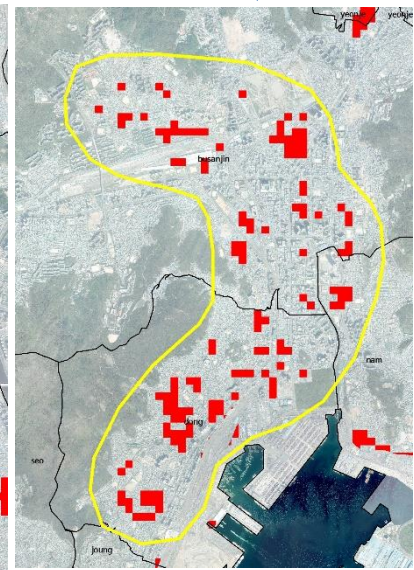
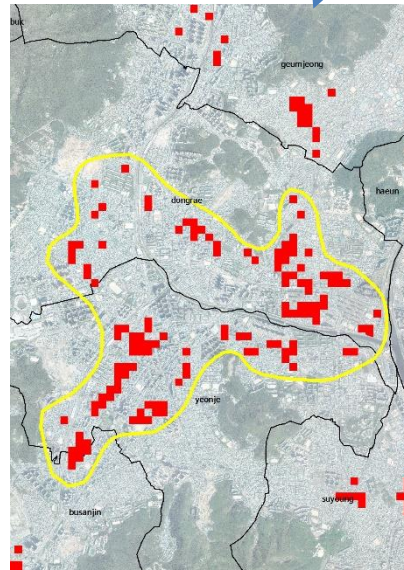
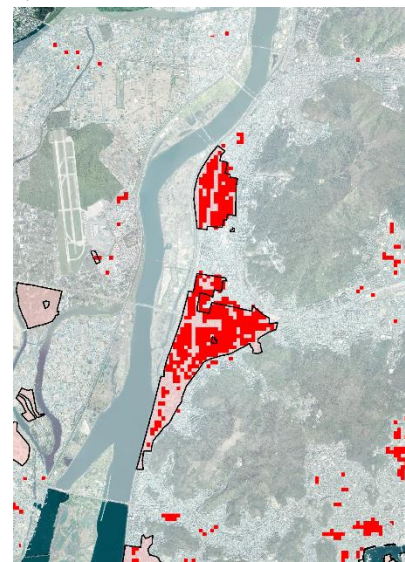
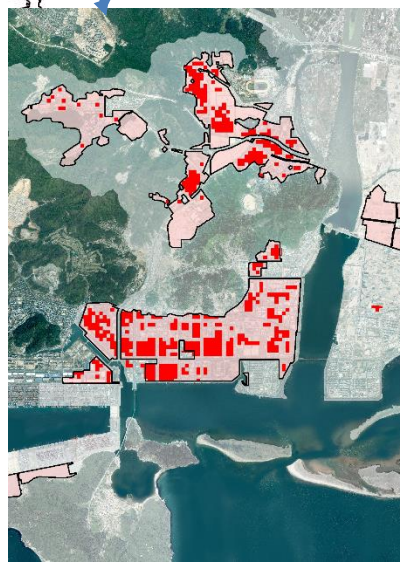
03 그린인프라 취약지역

그린인프라 취약 지역 : 도시화된 지역에서 그린인프라율 2.5%미만, 평균 지표면온도 33°C 이상



공업지역

주거 및 상업지역



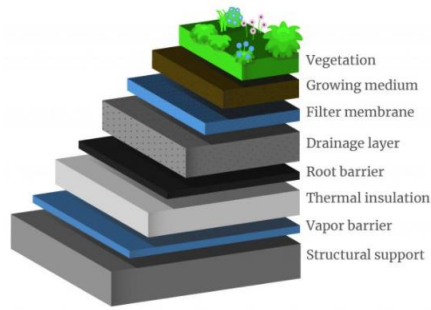
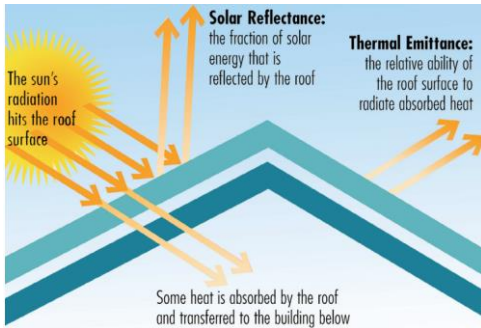
03 그린인프라 구축 방안

공업지역의 열섬현상 완화 방안

쿨루프(cool roof) : 2010년 뉴욕에서 시작된 이후 전세계로 확산 , 부산시는 2016년 부터 무더위쉼터, 취약계층 가구 등을 대상으로 쿨루프 사업을 시행 중

옥상녹화(green roof) : 쿨루프에 비해 비용은 많이 드나 우수 유출수감소, 오염물질 저감, 녹지공간 제공 등 다양한 잇점 제공

태양광 패널 : 부산시는 2004년 부터 신재생에너지 주택지원사업을 시행 중



자료: <https://coolroofs.org/>

자료: <https://www.epa.gov/heatislands>



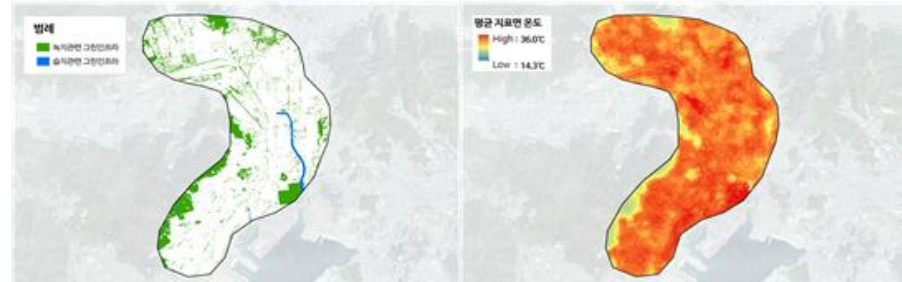
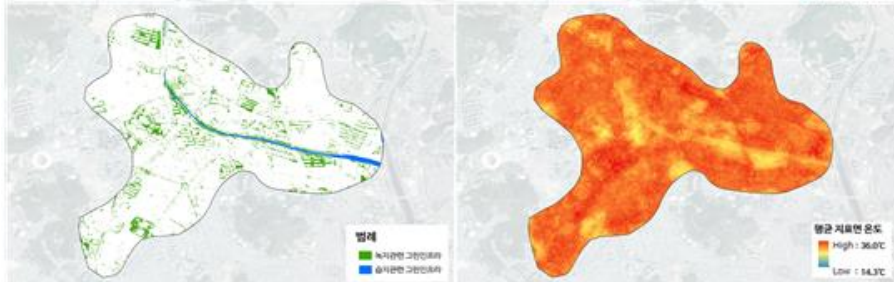
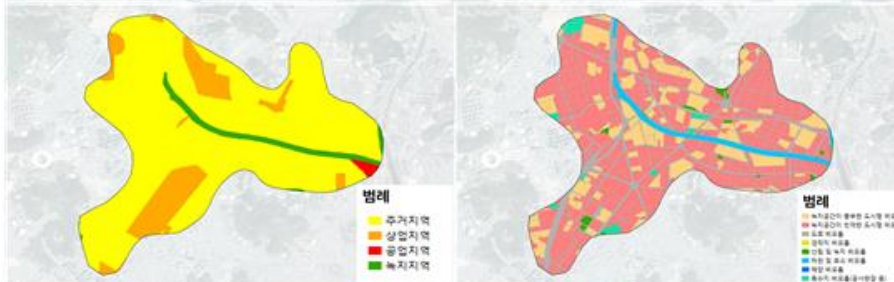
03 그린인프라 구축 방안

그린인프라 취약 지역

동래-연제 주거지역

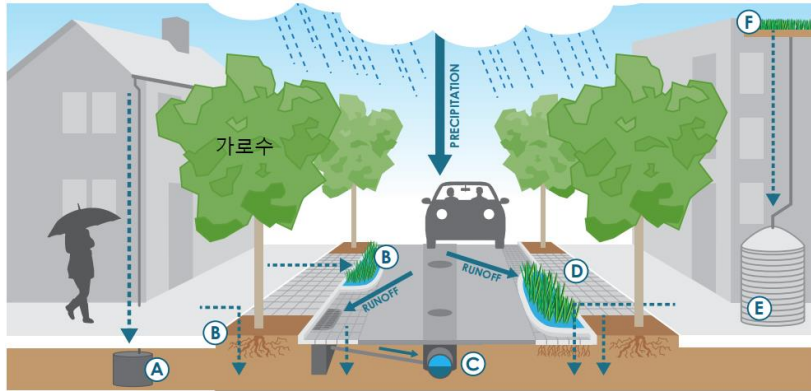


서면-부산역 상업지역



03 그린인프라 구축 방안

그린인프라 취약 지역 개선



A: 집수통 B: 가로녹지 및 레인가든 C: 우수 배수관 D: 투수 포장 E: 빗물 수집통 F: 옥상 녹화

유형	그린인프라 조성 기법									
	공원	바람 통로	식생 수로	투수 성포장	가로수	빗물 정원	침투 저류지	커뮤니티 가든	옥상 녹화	쿨루프
홍수 취약지역	○	×	○	△	○	○	△	△	○	×
열환경 취약지역	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○
대기 취약지역	○	△	△	×	○	○	×	△	△	×

○ : 효과가 클 것으로 예상
 △ : 어느정도의 효과가 있을 것으로 예상
 × : 효과가 미비함

자료 : 강정은 외, 2012, 기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략수립

Downspout Disconnection
 Rerouting rooftop drain pipes to direct rainwater to rain barrels, cisterns, or permeable areas instead of the sewer. This practice can benefit any community but can be particularly beneficial in cities with combined sewer systems.

Rainwater Harvesting
 Systems that collect and store rainfall for later use, slowing and reducing the volume of runoff. This can be especially important in arid regions to reduce demands on increasingly limited water supplies.

Green Alleys and Streets
 Permeable pavement, bioswales, planter boxes, and trees integrated into street and alley designs to soak up and store stormwater and improve the pedestrian experience through shading and traffic calming.

Green Parking
 Permeable pavement, rain gardens, and bioswales incorporated into parking lot stalls, lanes, and landscaping. Besides collecting and absorbing stormwater, green parking can provide more shade and reduce the heat emitted by pavements.

Rain Gardens and Bioswales
 Shallow, vegetated areas that collect and absorb runoff from rooftops, sidewalks, and streets using plants and soil. Versatile, attractive features that can be installed in almost any unpaved space. Also known as bioretention or bioinfiltration cells.

Planter Boxes
 Rain gardens that collect and absorb runoff from rooftops, sidewalks, parking lots, and streets. They have vertical walls that are ideal for space-limited sites in dense urban areas and can be used to provide seating and attractive plantings.

Land Conservation
 Protecting open spaces and sensitive natural areas within and adjacent to a city can reduce stormwater while providing recreational opportunities for city residents. Natural areas that should be a focus of this effort include riparian areas, wetlands, and steep hillsides.

Urban Tree Canopy
 Urban trees soak up and use rainwater, provide shade and help to slow traffic. Homeowners, businesses, and cities can all participate in the planting and maintenance of trees throughout the urban environment.

Green Roofs
 Roofs covered with plants that soak up and use rainwater. They cool and insulate buildings, reducing energy use. They are particularly cost effective where land values and traditional stormwater management costs are high.

Permeable Pavements
 Paved surfaces that let water soak into the ground, including pervious concrete, porous asphalt, and permeable interlocking pavers. They are particularly cost effective where land values are high and where flooding or icing is a problem.

자료: US EPA, 2015, Tools, Strategies and Lessons Learned from EPA Green Infrastructure Technical Assistance Projects

감사합니다.