

적응 정책 수립 지원을 위한
기후위험 평가 체계 및 방법

2022.07.19

정 휘 철

Contents

- I 기후위기 대응과 적응정보 중요성
- II 기후변화 영향, 취약성 및 리스크 평가 개요
- III 기후변화 취약성 평가 도구 (VESTAP) 지원
- IV 기후변화 리스크 평가 사례

1

기후위기 대응과 적응정보 중요성



국내외 기후위기 현황

- 기후변화 피해는 자연재해 증가로 나타나고 있음
 - 70년대('70-'79) 대비 현재('10-'19) 재해 **건수 5배, 경제적 손실 7배 증가**, **인명 피해는 1/3로 감소**
 - 우리나라 최대 인명피해 요인은 **홍수**, 재산피해 요인은 **태풍**으로 나타남

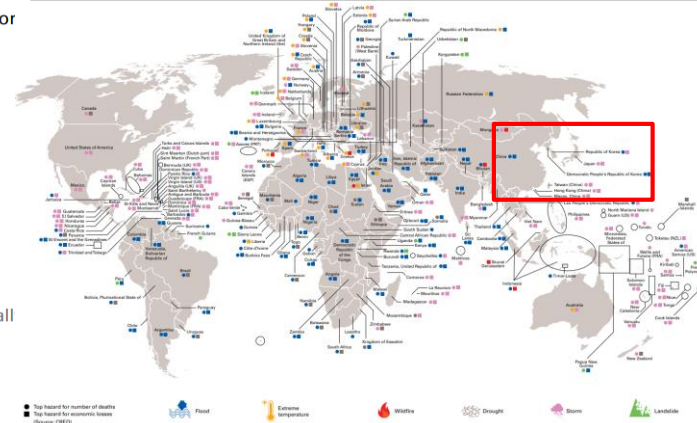
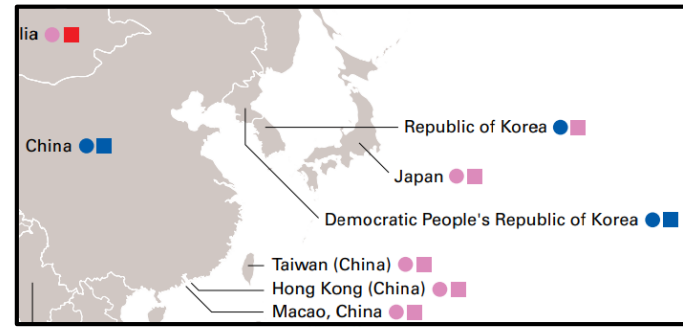
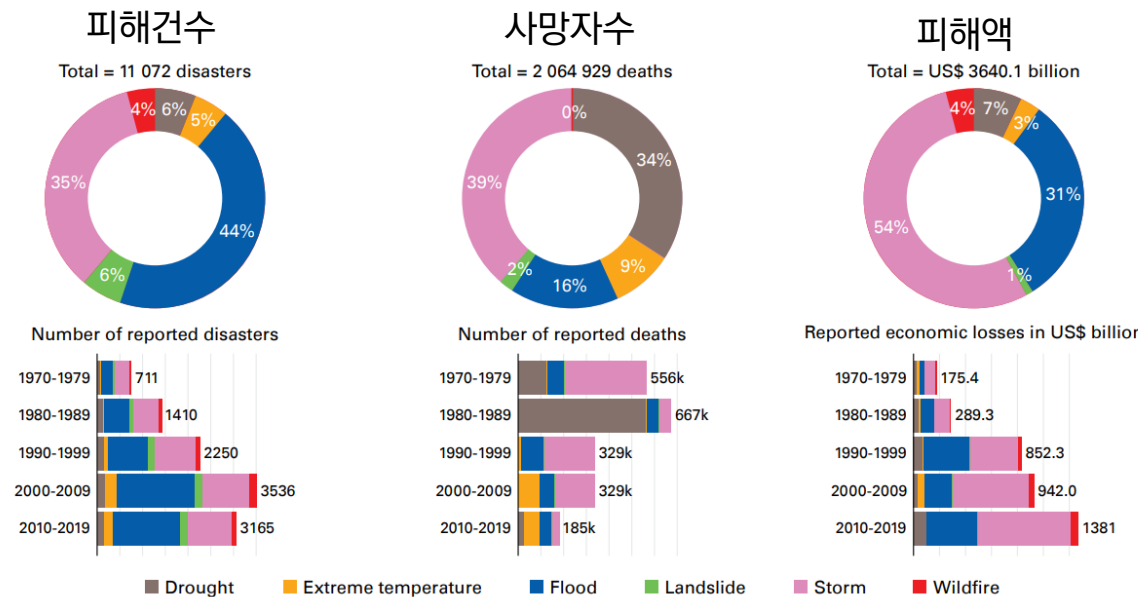


Figure 3: Distribution of (a) number of disasters (b) number of deaths, and (c) economic losses by main hazard type and by decade, global

[전 세계 10년 단위 자연재해 피해 변화: (a) 건수 (b) 사망자수 (c) 피해액]

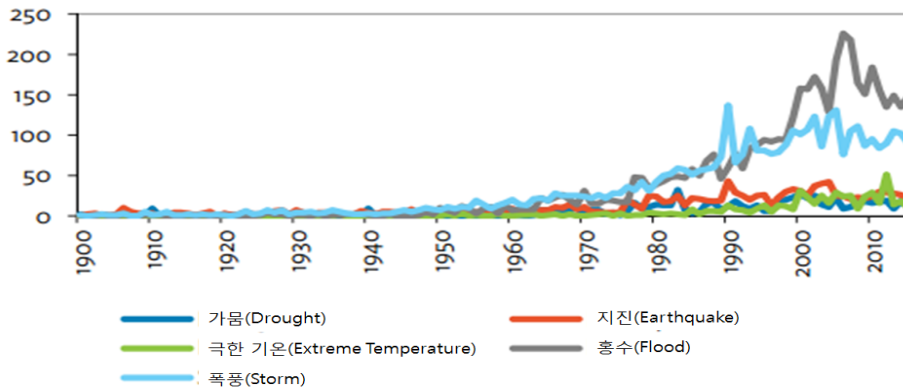
(자료: 1970-2019 data from the Emergency Events Database of the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED)

[국가별 주요 기후 리스크 유형 지도(1970-2019)]

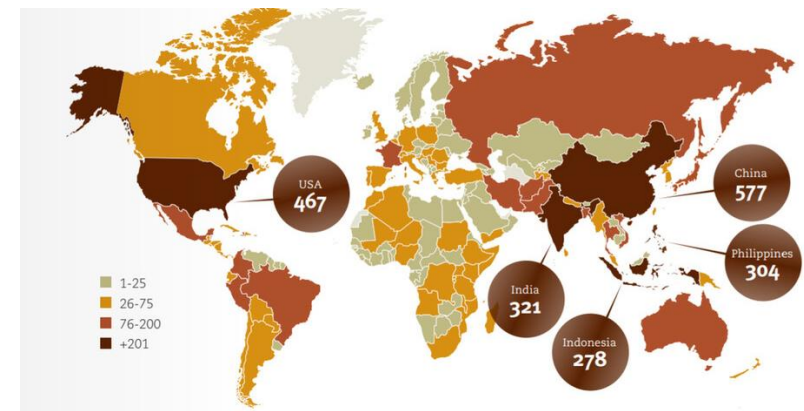
국내외 기후위기 현황

- 지난 20년 ('00-'19) 동안 **재해 건수는** 앞선 20년('80-'99) 보다 **약 2배 증가**하고, **경제적 피해는 1.8배 증가** (1.63조\$(1,874조원) → 2.97조\$(3,415조원)) (UNDRR,2020)
 - 중국(588건)이 가장 재해가 많으며, 미국(467건), 인도(321건), 필리핀(304건), 인도네시아(278건) 등 **상위 10개 국 중 8개 국이 아시아 국가**임
 - 전체 재해 중 기후변화 관련 건수는 6,671건으로 이 전의 3,656건에 비해 **1.8배 증가**
 - **홍수(3,254건)가 이전 (1,389건) 보다 2.3배 증가**하여 가장 큰 비중, 태풍도 1.4배 증가
- 인명 피해는 유사(119만명 → 123 만명), **저소득 국가 사망자가 선진국 보다 4배**
 - 영향 받는 인구가 가장 많은 것은 **홍수(41%), 가뭄(35%), 태풍(18%)순** 임

자연재해 발생빈도 시계열



국가별 재해 건 수 (2000-2019)



국내외 기후위기 현황

- 전 세계적 이상기후 현상 발생 → **“낮은 확률 큰 위험”에 대한 “경험 부족”**
 - (한파) '21년 2월 미국 중남부 한파와 폭설(텍사스 30년 만의 최저 기온, 영하 22℃)로 대규모 단전 사태(400만 가구 블랙아웃) → 전력/수도 등 인프라 운영과 에너지 수급 안정성
 - (폭염/산불) '21년 6월 러시아 시베리아 지역의 극심한 고온과 가뭄으로 인한 산불(서울 면적 25배 산림 소실)과 북미 서부지역 폭염으로 캐나다(브리티시 컬럼비아주) 산불(서울 면적 5배) → 폭염과 가뭄 지속, 대형 산불로 생태계 등 환경 파괴와 대기오염 물질 피해 심각
 - (홍수) '20년 동아시아지역 장마로 대규모 홍수(중국 이재민 7천만명, 경제손실 37조원), '21년 7월 고온 다습한 저기압 유입으로 100년만의 폭우(최고 시간당 160mm)로 독일 160명 이상 사망(독일 쾰른 주변 일 154 mm, 평년 7월 평균 강수량 87 mm) → 기후변화로 어디서나 발생 가능



전 지구 기후변화 전망 (K-ACE/UKESM1)

- 21세기 말(2081-2100) 전 지구 평균 기온은 온실가스 배출 정도에 따라 현재(1995-2014) 대비

1.9 °C ± 0.2 ~ 5.2 °C ± 0.7 증가하고,

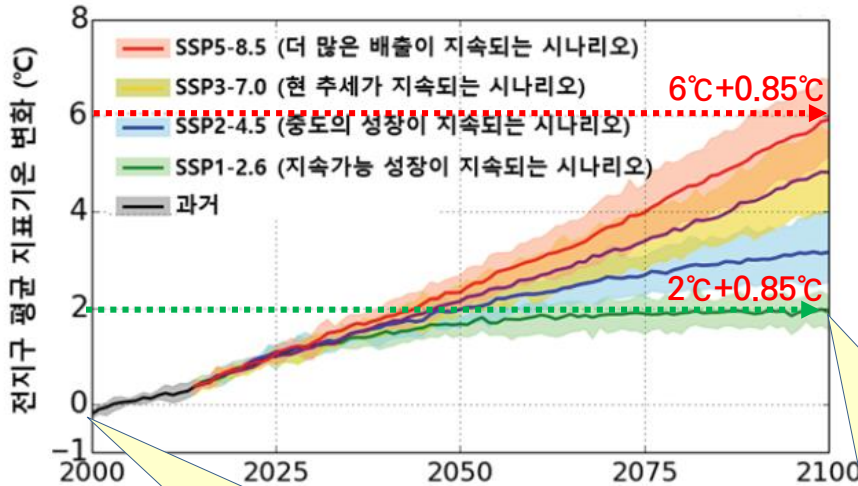
- 평균 강수량은 현재 대비 **+5~10% 증가 전망**



[그림 1] 기후변화 시나리오 생산체계 (전지구(135km)—동아시아(25km)—남한상세(1km).

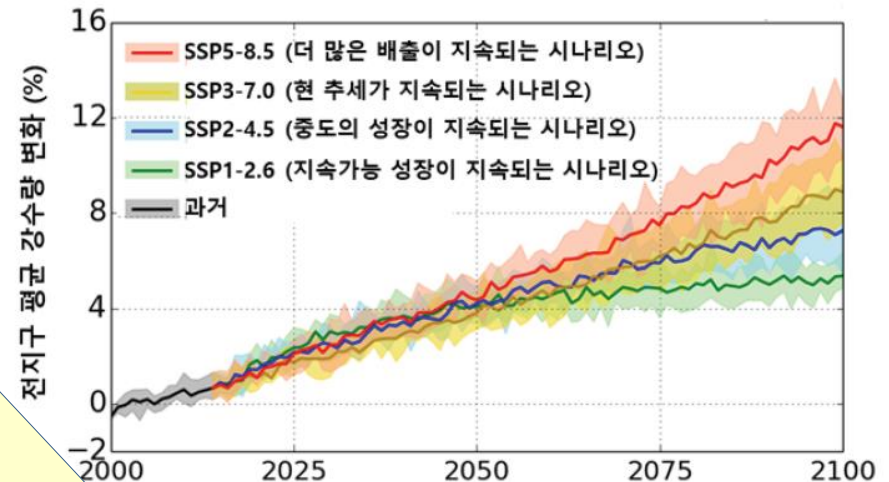
※ 동아시아 시나리오 산출에 사용된 전 지구 기후모델은 UKESM1임

현재(1995-2014) 대비 전 지구 평균 기온 변화(°C)
(135km, 기상청 2개 GCM 앙상블)



지구 온난화 +0.85°C
(1850-1900 to 1998-2017)
(IPCC SR15, 2018)

현재(1995-2014) 대비 전 지구 평균 강수량 변화(%)
(135km, 기상청 2개 GCM 앙상블)

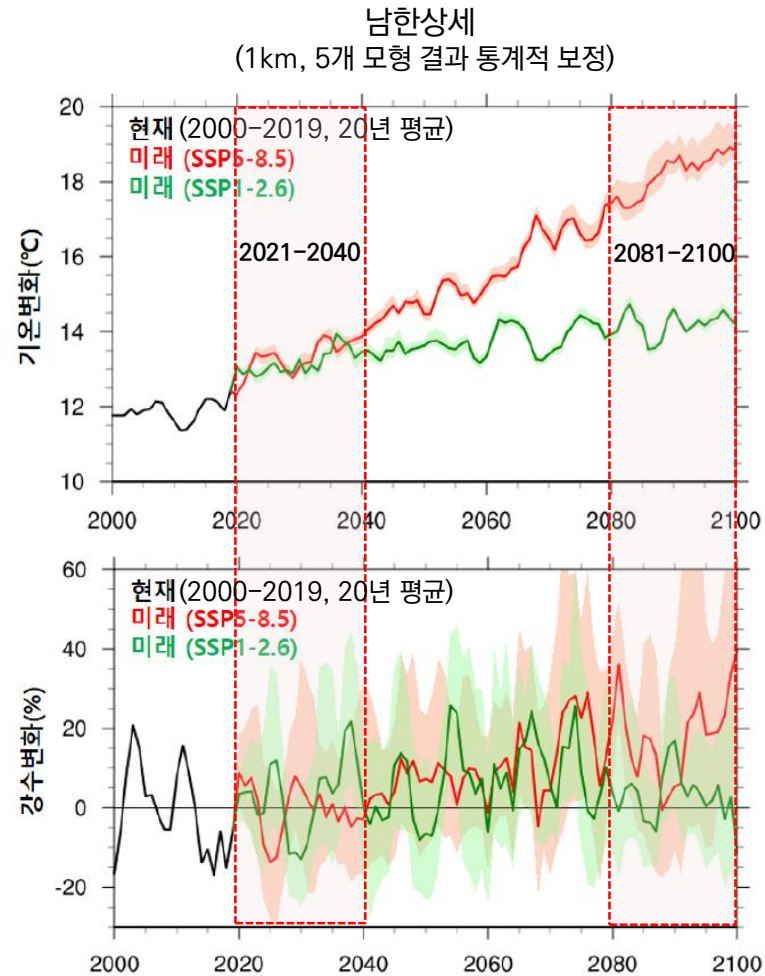
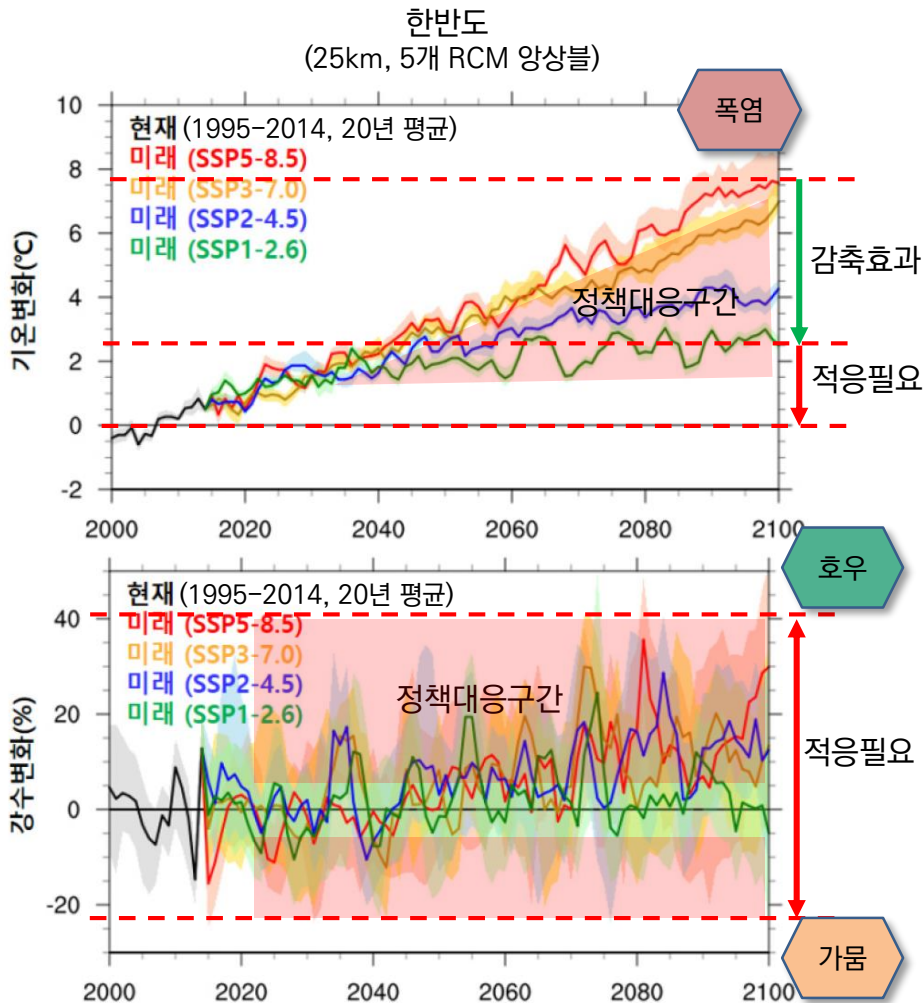


CMIP6 SSP126 지구 온난화 1.8°C (1.3-2.4)
(1850-1900 to 2081-2100)
(IPCC AR6, 2021)

한반도와 우리나라 기후변화 전망

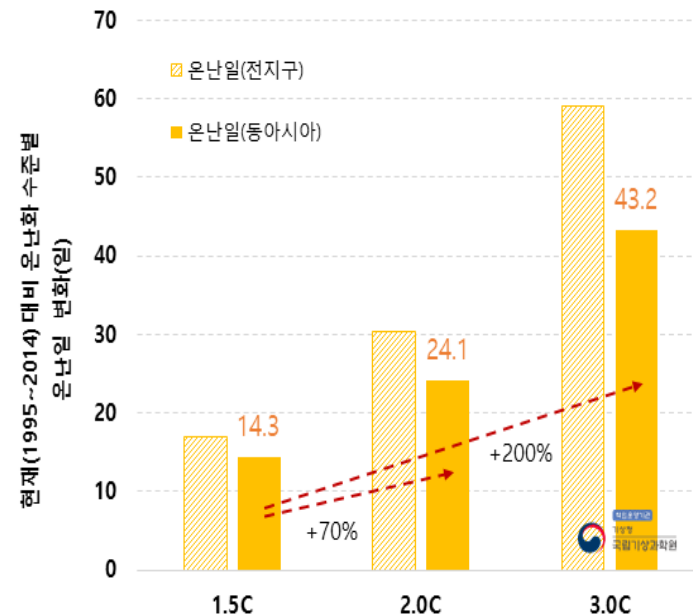
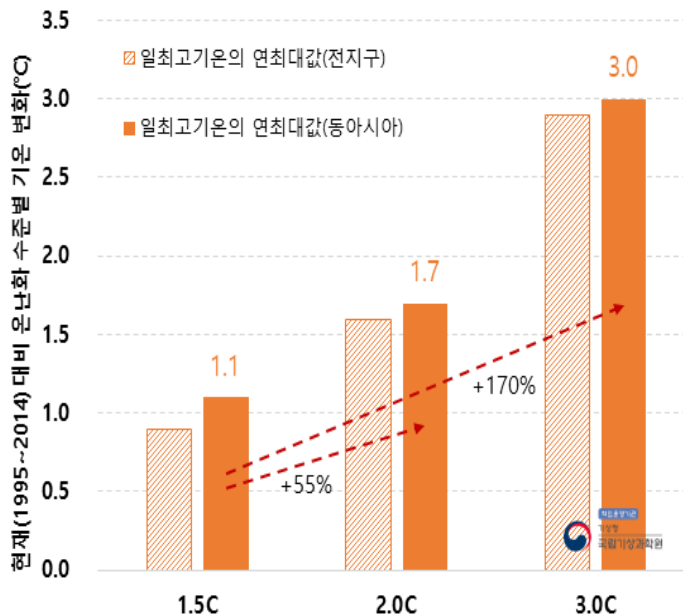
※ 동아시아 시나리오 산출에 사용된 전 지구 기후모델은 UKESM1임

- 21세기 말(2081-2100) 한반도 연평균 기온은 온실가스 배출 정도에 따라 현재 (1995-2014) 대비 **2.6 ~ 7.0°C 증가**하고, 평균 강수량은 **+2~13% 증가** 전망



지구 온난화에 따른 동아시아 기후변화 (CMIP6 22 GCMs)

- 지구 온난화 1.5 °C 대비 2.0 °C시, 동아시아 육지 지역의 고온, 호우 등 **극한 현상이 55~75% 증가 전망** (기상청 보도자료, '21)
 - 지구 평균기온 0.5°C 상승(1.5 °C→2.0°C) 시 **극한 고온** (일 최고기온의 연 최댓값) **현상 55~70% 증가**, 3.0°C 상승시 1.5 °C 온난화 대비 **약 2배 정도 극한 고온 현상 증가**
 - 지구 평균기온 0.5°C 상승(1.5 °C→2.0°C) 시 **5일 최대 강수량이 약 70% 정도 증가**, 3.0°C 상승시 1.5 °C 온난화 대비 **200% 이상 강수 증가**(5.3mm → 9.1mm → 15.8mm 증가)



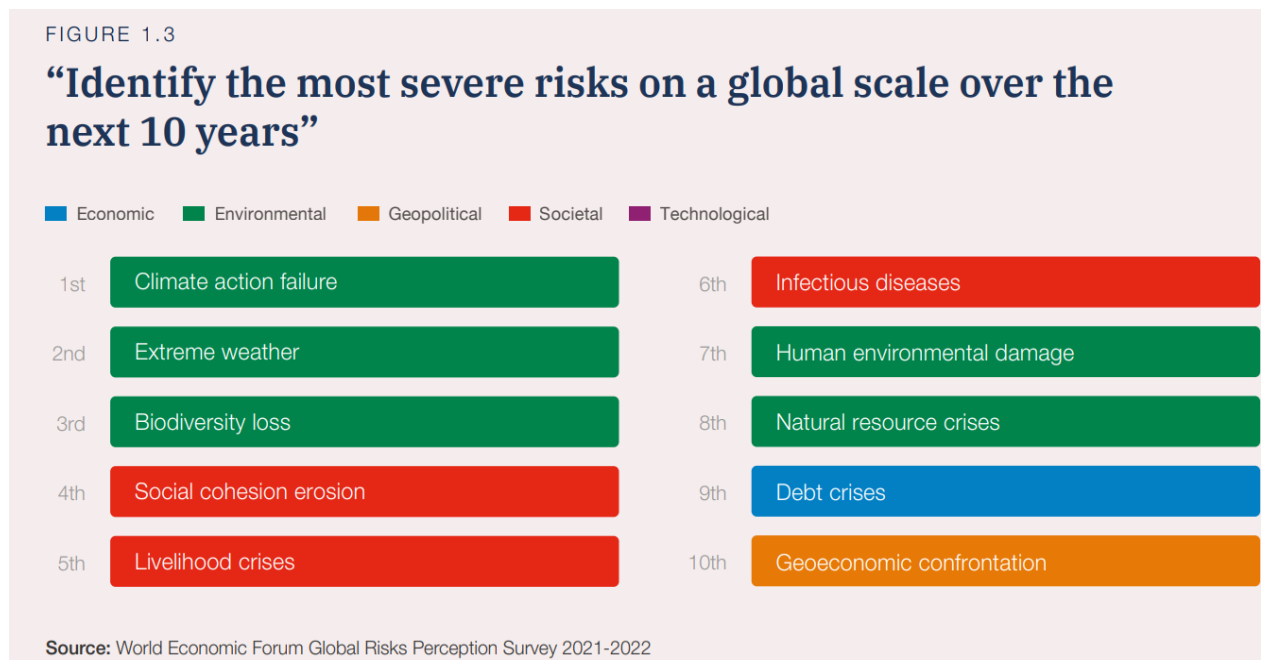
지구온난화에 따른 주요 영향

• 1.5°C와 2.0°C 지구온난화 시의 주요 영향 비교

구분	1.5°C 온난화	2.0°C 온난화	비교
고유 생태계 및 인간계	높은 위험	매우 높은 위험	온난화 속도, 입지, 취약성 수준에 의해 영향
중위도 폭염일 기온	3°C 상승	4°C 상승	
고위도 한파일 기온	4.5°C 상승	6°C 상승	
산호 소멸	70~90%	99% 이상	
기후영향 · 빈곤 취약인구	2°C 온난화에서 2050년까지 최대 수억 명 증가		
물부족 인구	2°C에서 최대 50% 증가		
육상 생태계	중간 위험	높은 위험	
서식지 절반 이상이 감소될 비율	곤충 6%, 식물 8%, 척추동물 4%	곤충 18%, 식물 16%, 척추동물 8%	2°C에서 두 배
다른 유형의 생태계로 전환되는 면적	6.5%	13.0%	2°C에서 두 배
대규모 특이 현상	중간 위험	중간-높은 위험	
해수면 상승	0.26~0.77m	0.30~0.93m	약 10cm 차이에 인구 천만 명이 해수면 상승 위험에서 벗어남
북극 해빙 완전 소멸 빈도	100년에 한 번	10년에 한 번	1.5°C 초과 시 남극 해빙 및 그린란드 빙상 손실
그 외	대부분의 지역에서 평균 온도 상승, 거주지역 대부분에서 극한고온, 일부 지역에서는 호우 및 가뭄 증가		

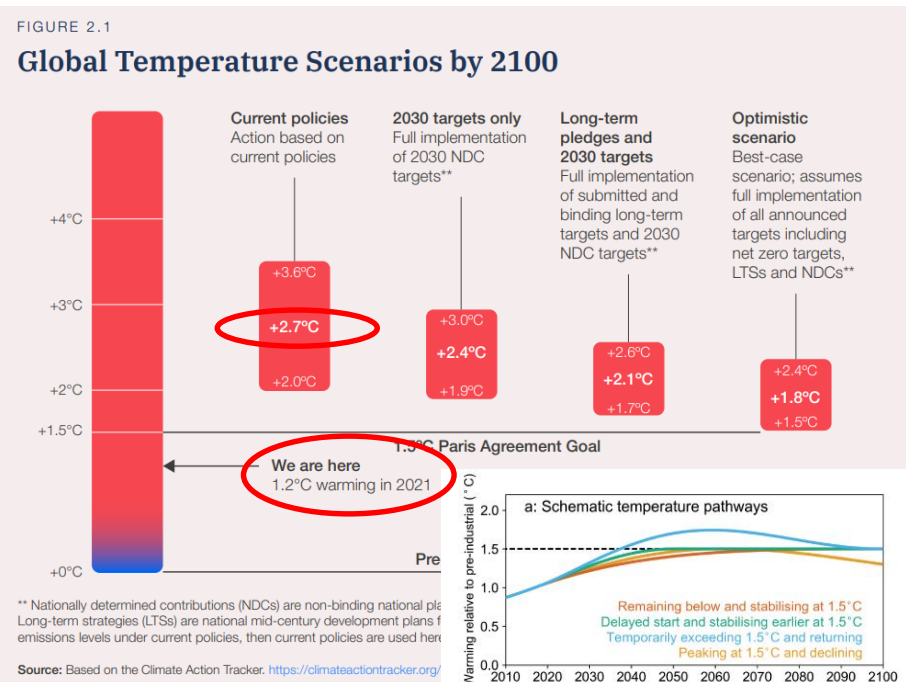
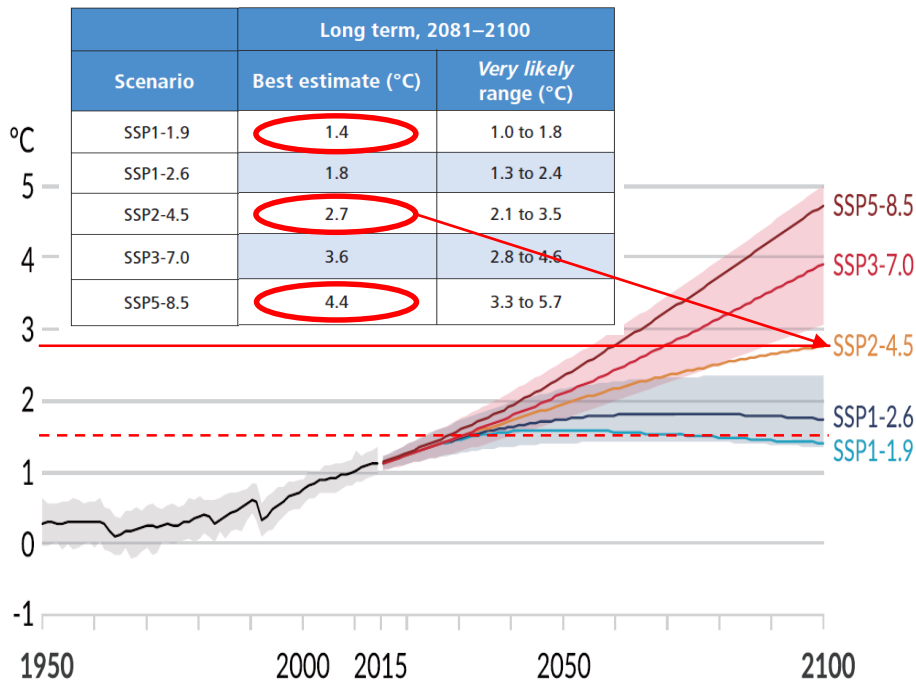
기후변화 우려 요인

- 기후변화 대응 실패, 인류가 10년내 당면할 가장 큰 위험이나 현재 대응 수준은 초기단계(각 분야 전문가 1,000명중 68%)
 - 극한기상 현상(2위)과 생물다양성 상실(3위) 등 환경관련 위험이 절반
 - 가장 빨리 다가올 위험은(2년내) 극한 현상(31.1%)
 - 기후변화 대응 실패는 중기(2-5년, 35.7%), 장기(5-10년, 42.1%)인 위험으로 응답



기후변화 우려 요인

- 20년 ('21-'40) 안에 지구온난화가 1.5 °C를 넘어설 가능성이 매우 높음(IPCC, '21)
 - 탄소중립과정(~2050)의 **오버슈팅 발생**과 추가적인 온난화에 극한기상 현상은 더욱 증가
 - 금세기말 탄소중립 여부와 관계 없이 지구 평균 기온은 **현재보다 +0.3 °C 이상 상승**
- 기후피해 저감을 위해 **탄소중립 추진과 함께 지속적인 적응노력**이 요구됨
 - 감축의 이행 부족을 고려한 **현실적인 적응 목표 설정 필요** (3°C 온난화 대비와 대응 한계)



기후변화 우려 요인

- 기후 위험 대응 부족의 원인과 정책적 문제점
 - 미흡한 대응의 정책적 문제점과 원인 파악을 통해 새로운 적응전략 마련 필요
 - 현재 정책·대책의 위험 저감 역량 진단을 통해, 분야별 적응 시급성 검토 필요**
 - 지역적 적응과 함께, 국가 또는 초국가적인 광범위한 적응 방안 모색 필요
 - 온난화 경로에 따른 기후변화 영향 가속화 가능성 고려 필요

현재와 미래 기후변화 피해 대응 부족

〈문제점1〉
의사결정에 필요한 지식 부족

〈문제점2〉
적응이행 모니터링·보고 미흡

〈문제점3〉
적절한 시한내 적응 미시행

〈문제점4〉
역외 기후변화 영향 미고려

D1: 기후변화 영향의 가속화

D2: 기후변화 적응 지식 격차

D4: 적응의 낮은 우선순위

D6: 불충분한 공공 및 민간부문 적응 투자

D8: SDGs, 센다이 협약 등 국제 정책 동향 연계 부족

D3: 낮은 시민 참여 및 전문가 관심

D5: 느린 지자체 적응 계획 수립 및 이행

D7: 맞춤형 및 비용효과적 적응대책 부족

D9: 농업, 제조업 등 국제 공급망의 기후변화 영향 증가

< 미흡한 기후 위험 대응의 원인 >

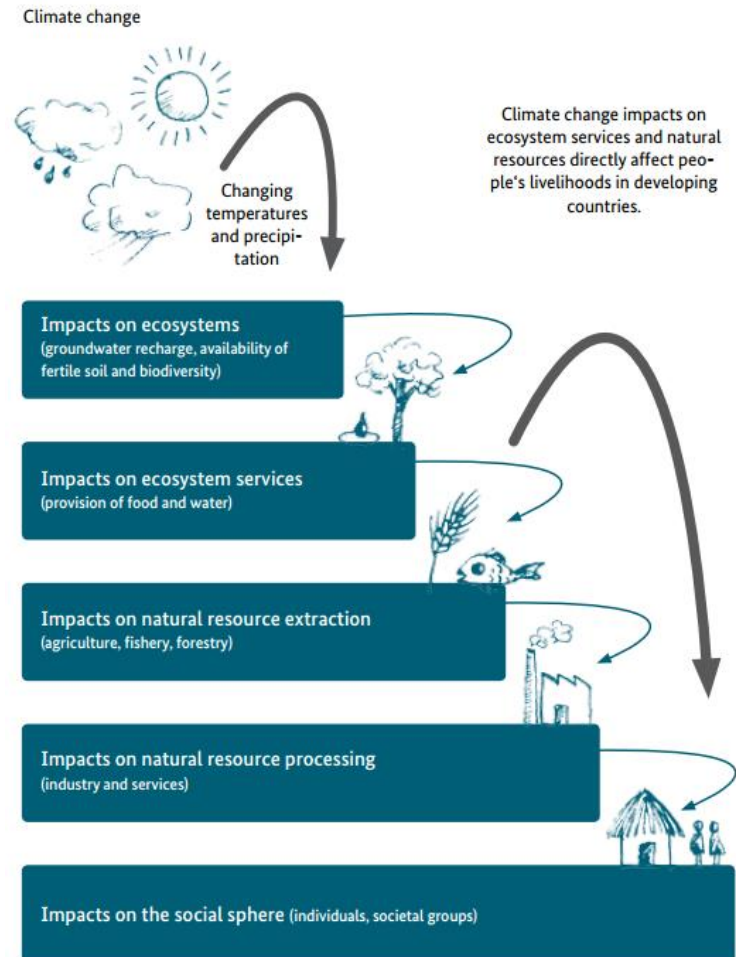
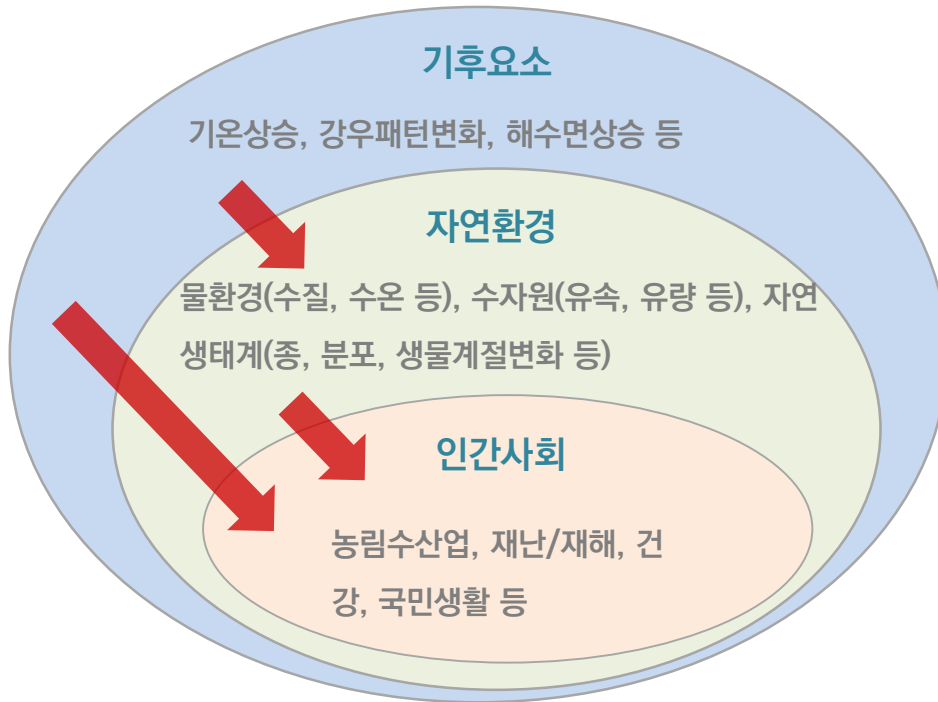
2

기후변화 영향, 취약성 및 리스크 평가 개요



기후변화와 영향 메커니즘

- 기후요인(Hazard) 변화에 의해 자연환경에서 인간사회까지 **영향 파급 확대**
- 기후요인(Hazard) 변화 단독 혹은 **내재적 취약요소(Social vulnerability)** 등과 함께 **복합적으로 피해 발생**



기후변화 영향과 대응정책

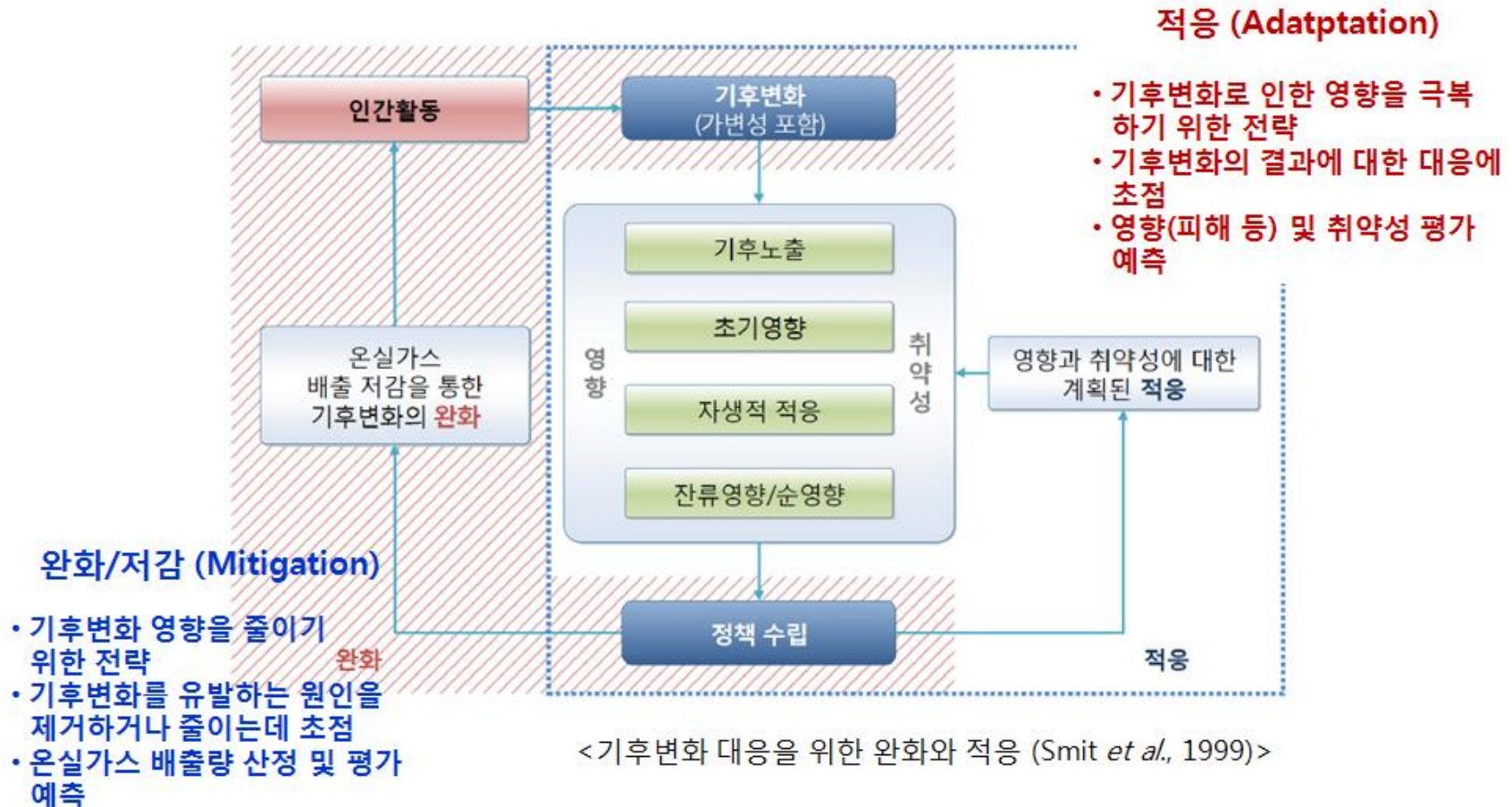
Climate Change Adaptation

- 기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간 시스템의 조절작용
- 기후변화의 결과로 발생하는 새로운 결과를 활용하여 기회로 삼는 행동 또는 과정까지도 포함
- “Adjustment in natural or human systems in response to actual or expected climatic stimuli or their effects, which moderates harm or exploits beneficial opportunities.” (IPCC TAR, 2001)

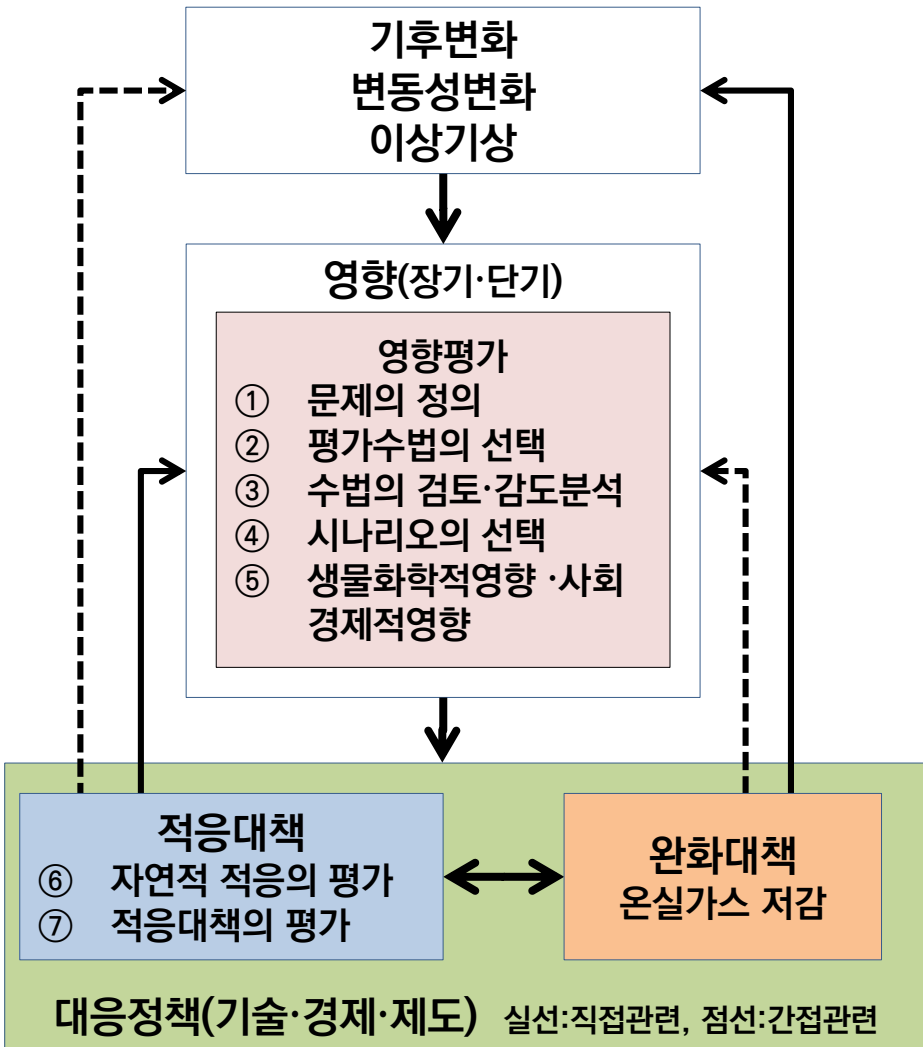


기후변화 영향과 대응정책

- **완화(Mitigation) 대책** : 원인물질인 온실가스 배출을 억제하거나 흡수량을 증가하는 방법으로 총배출량 감축을 통한 기후변화의 크기와 속도를 줄이는 방안 (**원인에 대응**)
- **적응(Adaptation) 대책** : 기후변화로 인한 악영향을 경감하고, 긍정적 영향의 기회를 최대화하는 방안 (**결과에 대응**)



IPCC 평가 방법의 단계적 발달: 영향평가('90년대 전반 주류)

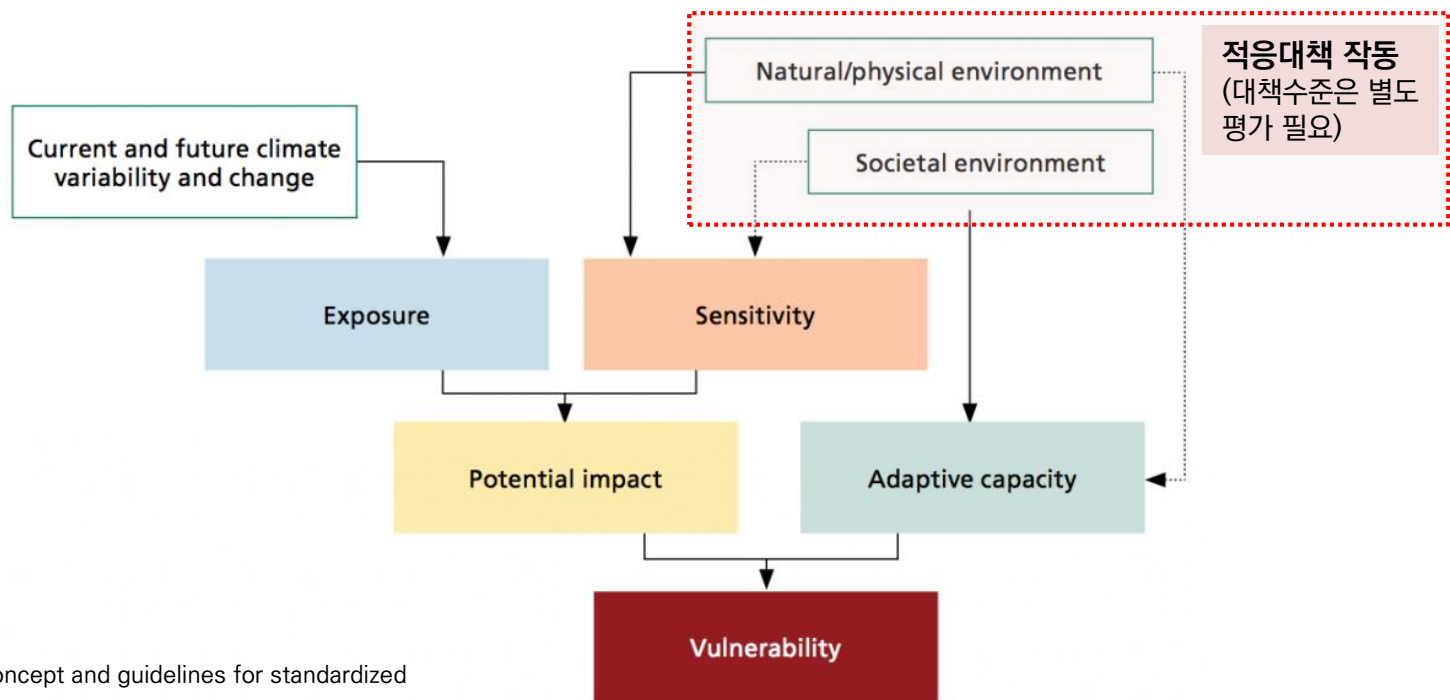


IPCC 기후변화 영향평가 7단계 지침

- 영향·적응 평가를 위한 일반적인 순서 설명
- 미래 기후 예측 정보를 이용하며, 영향평가 예측 결과의 정확도는 기후 모델의 정도에 의존
- 영향 평가 수법은 주로 수치 모델링 이용
- 적응대책 평가도 6~7단계에서 수행되지만, 수법적으로는 종래의 영향평가 모델링을 확장해 적응을 고려할 수 있도록 하는 경우가 많음 (주목적은 적응보다 영향 예측)

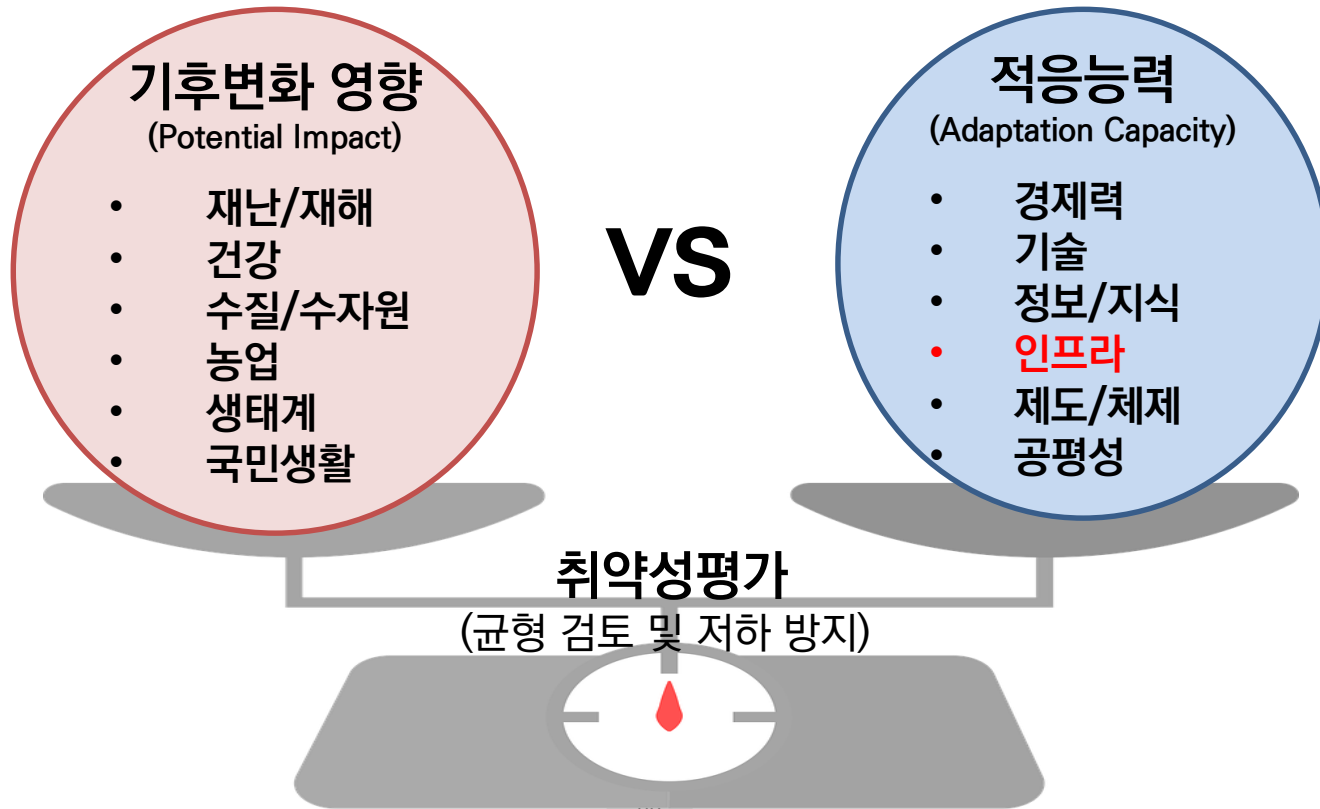
IPCC 평가 방법의 단계적 발달: 취약성 평가('00년대 전반)

- 취약성은 기후 변동과 극한 사상을 포함한 기후변화의 역효과에 한 시스템이 쉽게 피해를 입거나 대응하지 못하는 정도 (IPCC, 2001)
- 외부 스트레스에 대한 결과와 시스템 내부 상태의 취약성을 통합
 - 기후노출(exposure) : 기후요인 변화로 인해 시스템이 기후에 노출되는 정도 (기온, 강수량 등 기후동인)
 - 민감도(sensitivity) : 시스템이 기후변화 영향에 민감한 정도 (인구, 사회기반시설, 지형 등 대상과 물리적 환경 포함)
 - 적응능력(adaptive capacity) : 사회·경제적으로 시스템이 기후변화에 적응할 수 있는 능력 (기술, 재정 등)

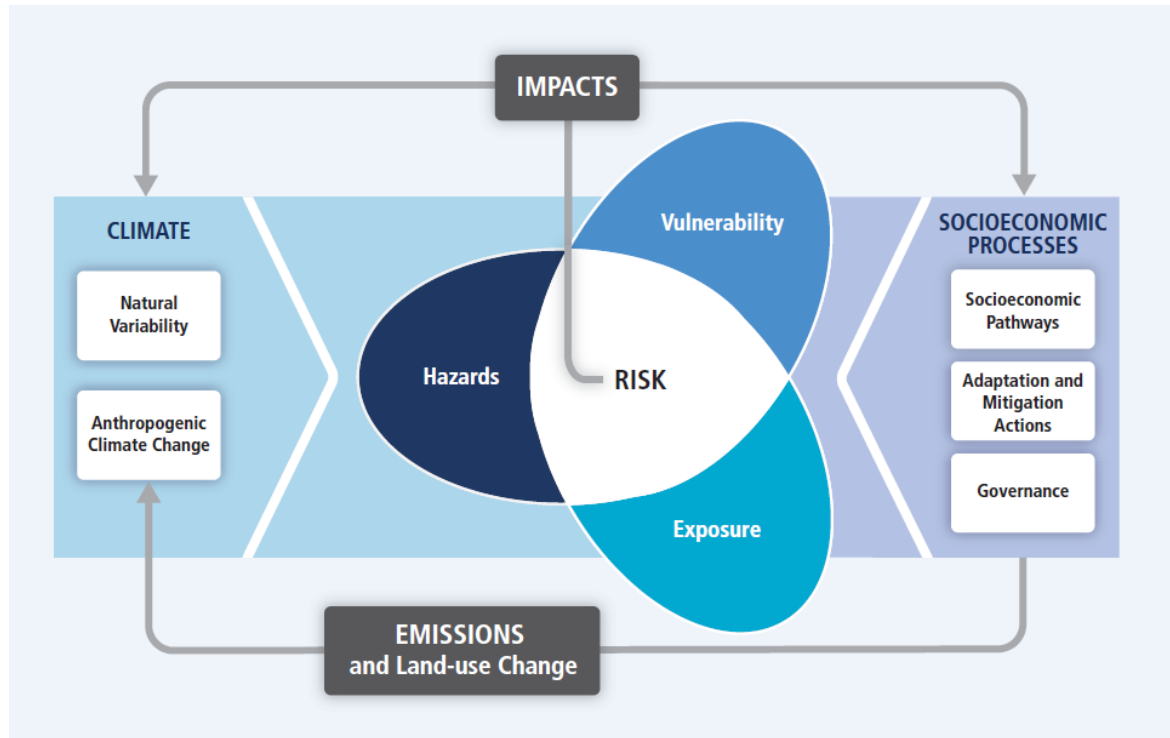


IPCC 평가 방법의 단계적 발달: 취약성 평가('00년대 전반)

- **취약성 평가 목적:** 1) 현재와 미래의 잠재적 Hotspot 파악, 2) 적응 및 관리를 위한 개입시점 파악, 3) 취약성 변화 추적 및 적응 모니터링 (GIZ, 2014)
- **국가 및 지자체 적응대책 수립시 활용 방안**
 - ① 기후변화 취약성 결정 인자를 파악하여 관리대책 수립시 고려
 - ② 취약계층과 적응항목관련 Hotspots 선정 및 관리대책 우선순위 제시(ex. 예산 등)



IPCC 평가 방법의 단계적 발달: 리스크 평가('10년대 전반)



- **위해성(Hazard):** 재산, 인프라, 생계, 서비스 제공, 생태계, 환경자원에 대한 손해 뿐 아니라 생명, 부상 혹은 다른 건강적 영향을 초래할 수 있는 **자연 혹은 인간이 유발한 물리적 사건, 추세 또는 물리적 영향**
- **노출성(Exposure):** 장소와 환경에 있어 악영향을 받을 수 있는 인간, 생계수단, 생물종 혹은 생태계, 환경 기능, 서비스, 자원, 인프라, 혹은 경제, 사회, 문화적 유산의 **존재(presence)**
- **취약성(Vulnerability):** 악영향을 받을 수 있는 기질이나 성향. 취약성은 손해에 대한 **민감도(sensitivity)** 또는 **감수성(susceptibility)**과 대응하고 **적응할 수 있는 능력의 결핍** 같은 다양한 개념과 요소를 포괄함
- **영향(Impacts):** 자연 및 인간계에 대한 효과(effects). 주로 노출된 사회 또는 시스템의 취약성과 특정 시간 동안에 나타나는 기후변화 또는 위대한 기후 현상으로 인한 생활, 생계, 건강, 생태계, 경제, 사회, 문화, 서비스, 인프라에 대한 효과를 말함

기후 위험과 위험관리 (1)

Hazard

A Hazard is something that has the potential to harm you

vs.

Risk

Risk is the **likelihood** of a hazard causing harm

SHARK

Hazard is something that has the potential to harm you

Risk is the **likelihood of a hazard** causing harm



A shark in the sea is a hazard



Swimming with a shark is a risk

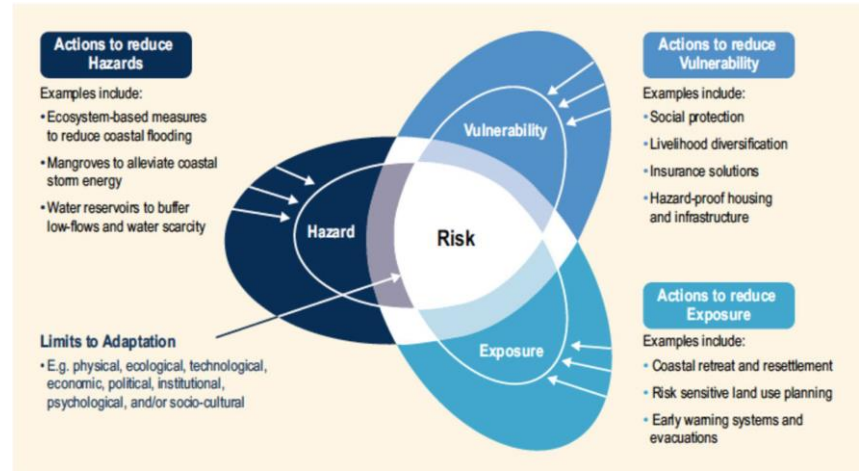
LIGHTNING



Lightning is a hazard



Standing under a tree during a thunderstorm is a risk



- **적응 한계(Limit to adaptation):** 소프트(Soft) 한계는 적응 조치를 통해 위험을 피하기 위해 기술 및 사회경제적 옵션을 즉시 사용할 수 없을 때 발생하며, 하드(Hard) 한계는 위험을 피하기 위한 적응 조치를 실행할 수 없게 되어 영향과 위험을 피할 수 없을 때 발생하는 한계

출처: Loss and Damage and limits to adaptation: recent IPCC insights and implications for climate science and policy (Mechler et al., 2020)

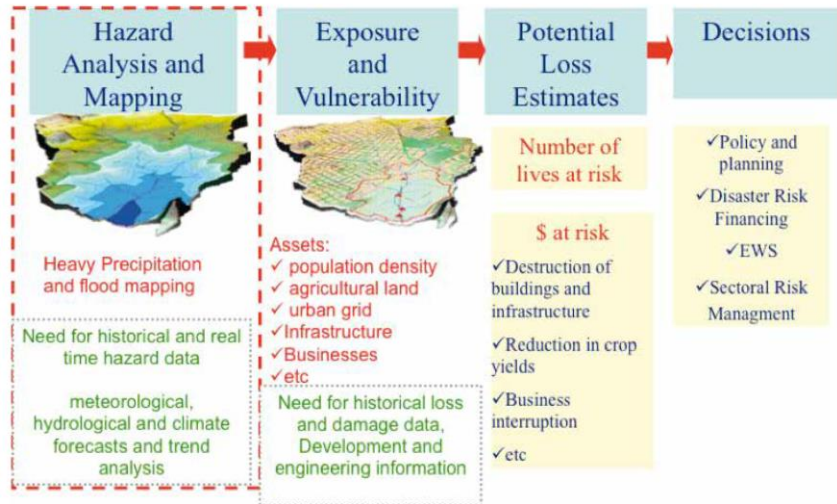


Figure 3. GFCS facilitates hazard analysis and risk assessment to promote sectoral risk management and societal resilience.

Source: Climate Services for Supporting Climate Change Adaptation (WMO, 2016)
Climate change and violent conflict (Scheffran et al., Science, 2012)

기후 위험과 위험관리 (2)

- 이해당사자와 대화를 통해 초과되지 말아야 하는 영향의 크기-임계치(허용가능폭)를 결정하고 그 임계값의 초과 발생 확률 계산: ① **영향의 크기**, ② **임계치**, ③ **(임계치 이상) 발생확률**
- 확률적 표현: 각종 불확실성은 Monte Carle Method 등에 의해 고려함
- 관리 목표: **1) 위험 노출 확률을 줄이거나 2) 적응 이행을 통해 가능한 허용 가능폭을 증대** 시킴

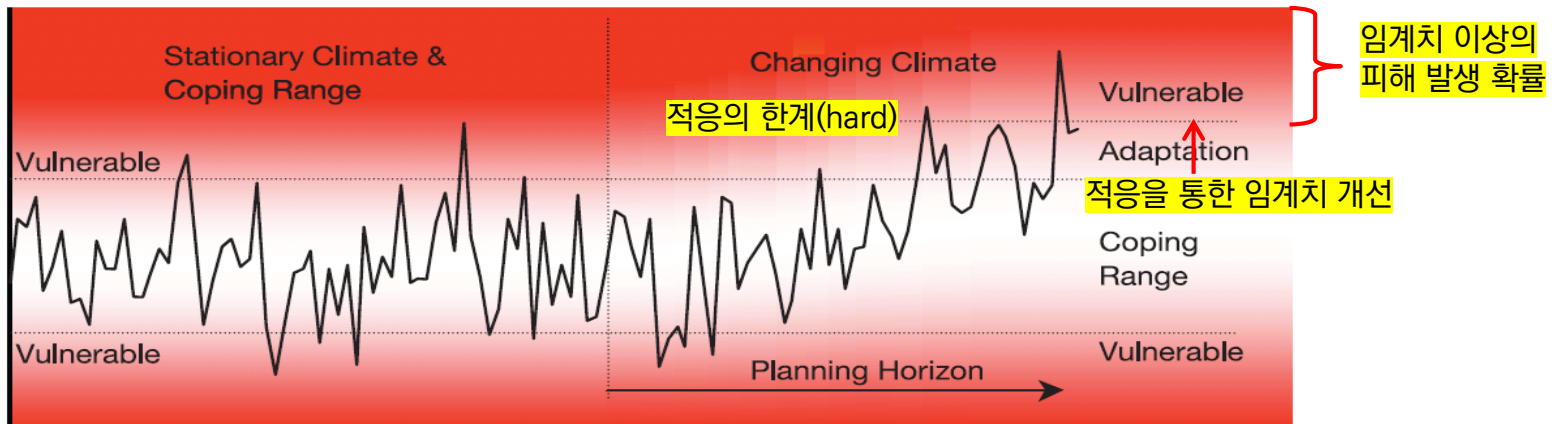
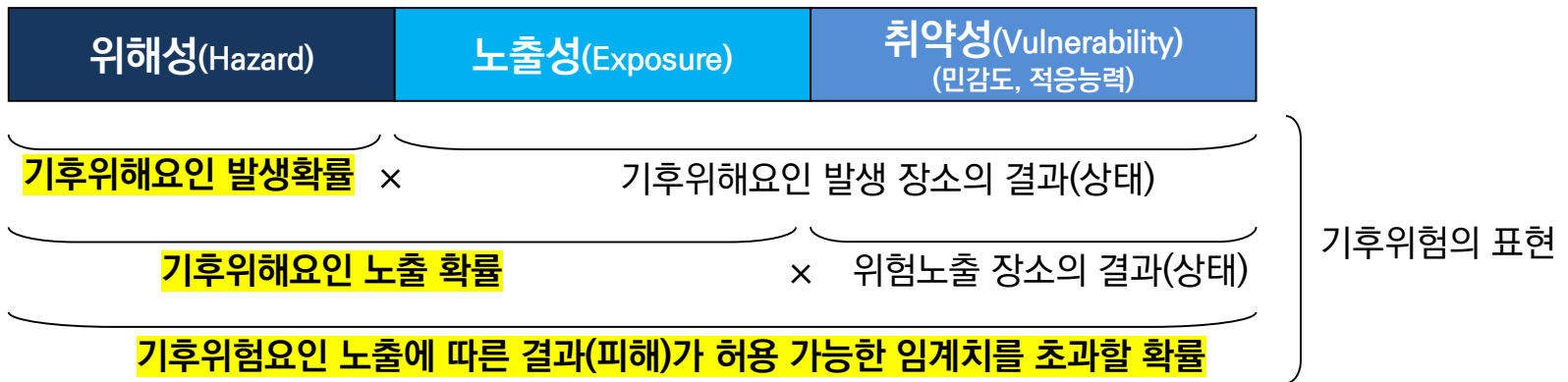
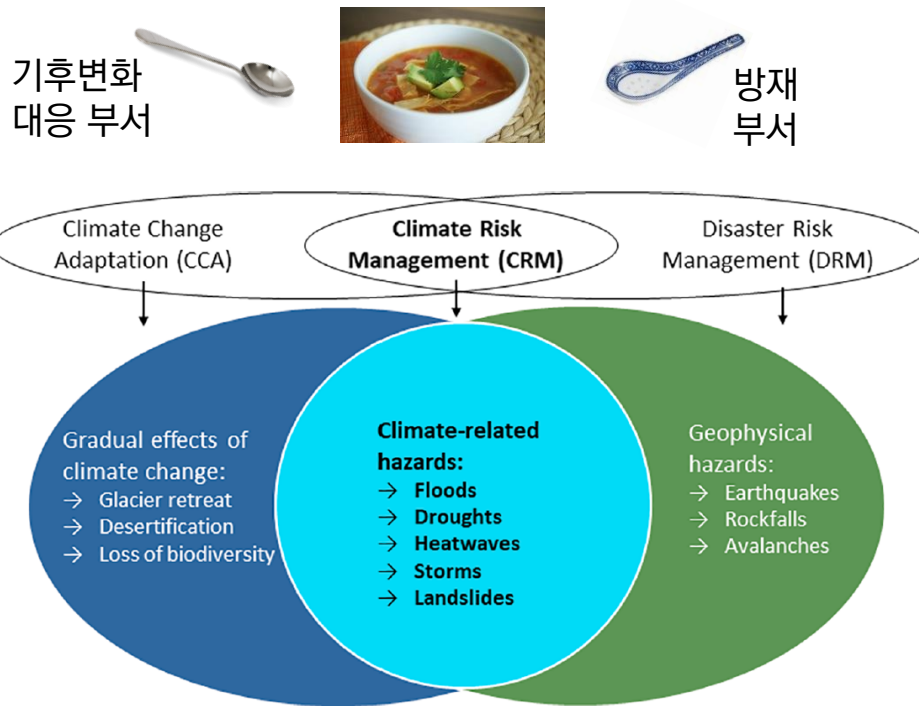


Figure 2.3. Idealised version of a coping range showing the relationship between climate change and threshold exceedance, and how adaptation can establish a new critical threshold, reducing vulnerability to climate change (modified from Jones and Mearns, 2005).

기후 위험과 위험 관리 (3)

- 기후변화 적응과 자연재해 측면의 기후 위험 관리(Climate Risk Management)
- 원인에 따른 구분: Climate change vs. Natural variability
- 관심결과와 대응방식에 따른 구분: future/long-term and Current/short-term



Three CRM approaches for dealing with climate - related risk (Schinko et al., 2017)

- Analytical CRM (short-term)
- Iterative CRM (short-medium term)
- Adaptive CRM (long-term)

		Consequences	
		Known	Unknown
Probabilities	Known	Risk <i>Analytical CRM (short-term)</i>	Ambiguity (subjective risk)
	Unknown	Uncertainty	Ignorance (deep uncertainty)
		<i>Iterative CRM (short-medium-term)</i>	
		<i>Adaptive CRM (long-term)</i>	

Source: 1. The status of climate risk management in Austria. (Leitner et al., 2020), <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100246>
 2. A methodological framework to operationalize climate risk management: managing sovereign climate-related extreme event risk in Austria (Schinko et al., 2017). <https://doi.org/10.1007/s11027-016-9713-0>

기후 위험과 위험 관리 (6)

기후 위험 관리와 적응을 위한 의사결정 프로세스

- 계획 수립 및 이행 지원을 위해 1) 지식, 자료, 도구의 개발을 통한 2) 위험 및 대책 평가 실시
- 위험 및 적응 평가를 통해 1) 정확한 문제 정의와 2) (적응) 목표 기준 달성 가능성을 평가 후 정책 이행

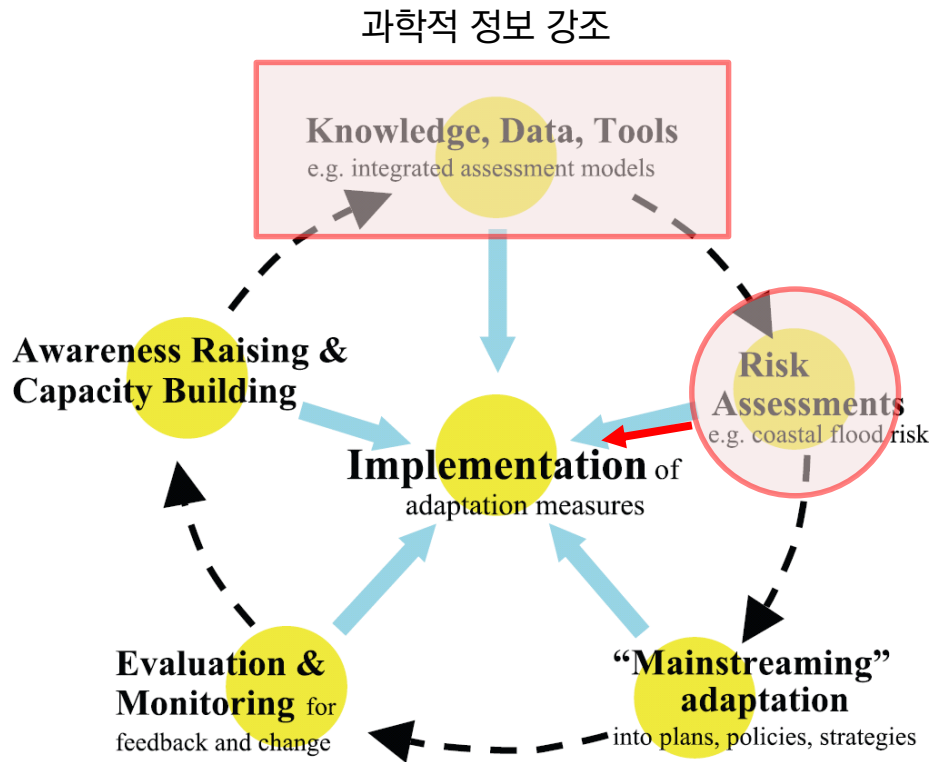
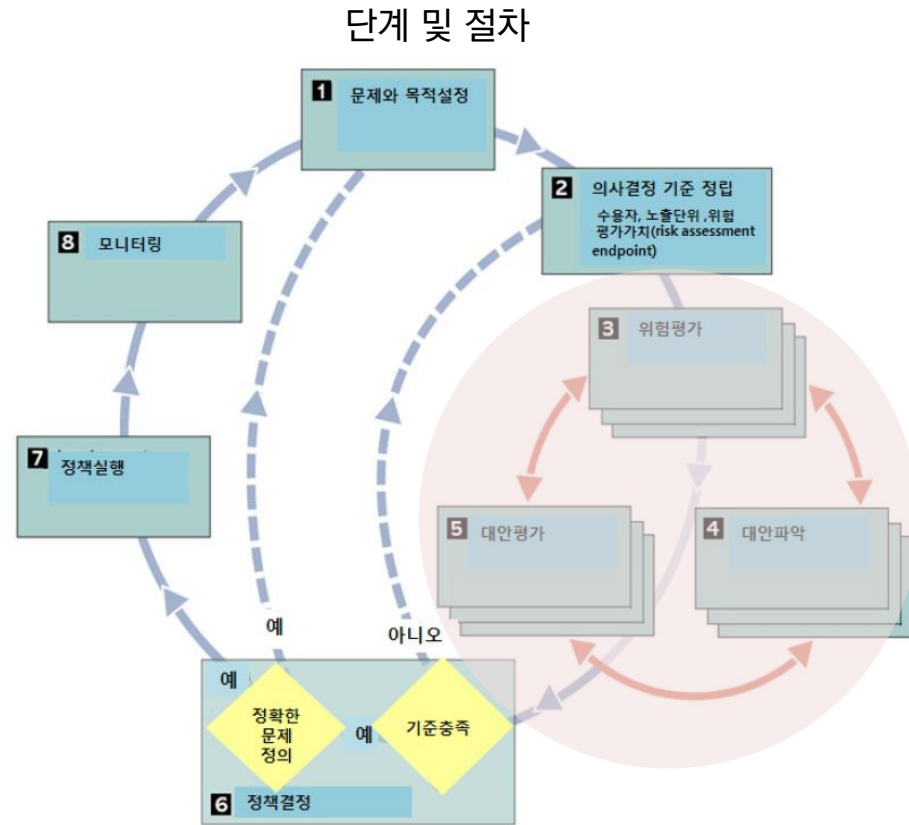


Figure 11.1. Adaptation as a process (Warrick, 2000, 2006).

(호주/뉴질랜드 사례)



(영국 사례)

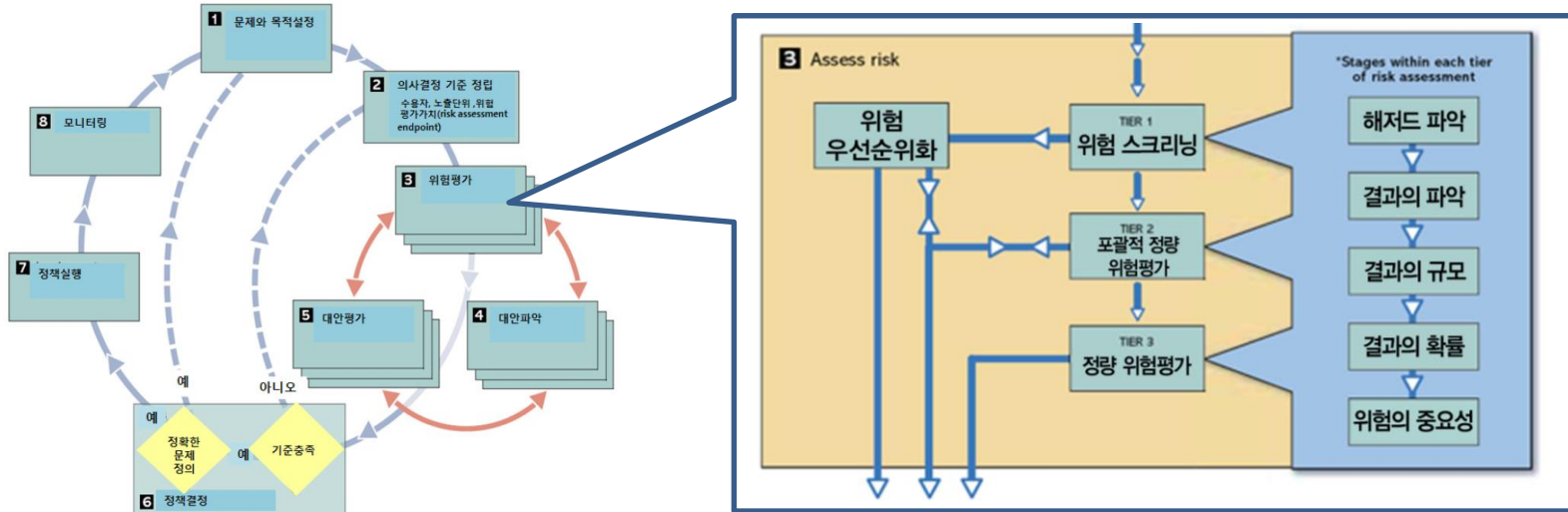
기후 위험 평가 체계: 영국 CCRA 사례

- 적응 정보 생산을 위한 위험 및 기회 평가(2017) → 적응형 관리 시도 (2021)
 - 3단계 시급성 평가: ① 위험과 기회 평가 → ② 적응평가 → ③ 적응강화

	CCRA1 (2012)	CCRA2 (2017)	CCRA3 (2021)
목적	기후위험과 기회(영향)의 정량화	적응 정보 생산을 위한 기후위험과 기회 평가	적응 정보 생산을 위한 기후위험과 기회 평가 적응형 관리를 위한 첫 시도
접근방법	표준화된 방법을 이용한 모든 위험의 신규 평가	지정된 새로운 연구를 통한 통합적 분석	지정된 새로운 연구와 새로운 기후전망을 이용한 통합적 분석
평가 방법	정량적 또는 반정량적 영향평가	3단계 시급성(Urgency) 체계	개선된 3단계 시급성(Urgency) 체계
평가 항목	대단히 폭넓은 초기 검토를 통한 가장 중요한 100 항목선정	정부와 위임기관에서 제출 받은 초기 목록 검토 및 보완을 통해 ~55개 항목 선정	정부와 위임기관에서 제출 받은 초기 목록 검토 및 보완을 통해 ~65개 항목 선정
지역기후전망(RCM)	UKCIP02와 UKCIP09	UKCIP09	UKCIP09, UKCIP18, EuroCORDEX
지구기후전망(GCM)	N/A	CMIP5	CMIP5, CMIP6, HELIX, UKCIP18 global
경제성 분석	위험과 기회의 지표평가	미포함	위험과 기회의 지표평가 + 추가 적응의 비용편익에 대한 초기 고려

기후 위험 평가 체계: 영국 CCRA 사례

기후변화 리스크 대응을 위한 의사결정 프레임워크(UKCIP, 2003)



구분	Tier 1 (위험 스크리닝)	Tier 2 (포괄적 정량 위험평가)	Tier 3 (정량 위험평가)
세부성격	사전 기후변화 위험 평가	정성, 준(semi) 및 포괄적(generic) 정량 위험 평가	구체적(specific) 정량 위험평가
정책수준 예시	정책/프로그램 /프로젝트	프로그램/프로젝트	프로젝트
의사결정에서 기후변화의 중요성 이해 정도	기후변화가 의사결정에 영향을 미치는지의 여부와 영향을 준다면 어떻게 영향을 미치는지가 불확실할 때	의사결정에 있어서 기후변수들이 중요하지 않다는 사실이 분명 할 때	정량 평가를 위해 활용 가능한 데이터들이 존재할 경우
의사결정 유형	기후변화에 의해 영향을 받을 수 있는 의사결정	기후 적응 의사결정을 내리거나 또는 전반부에서 Tier 1 단계를 거친 후 진행	적응 대안의 범위가 파악되었을 때 기후 적응 의사결정이나 기후 영향 의사결정을 위한 것
위험평가의 주요목적	위험 스크리닝 - 노출단위(exposure unit)내에서의 현재 또는 미래 기후위험을 나타낼 잠재적 요인들의 파악과 그렇지 않은 잠재 요인들의 배제 - 노출단위(exposure unit)내에서 위험한 잠재적 수용체의 파악과 현저한 위험에 있지 않은 잠재적 수용체의 배제 등	위험 특성 파악과 우선순위 도출 - 기후위험의 수용체 영향, 종속 그리고 인과적 경로 파악 - 수용체의 기후 (상대적)민감도 평가 - 수용체에 부과된 위험의 성격 파악 - 기후 및 비기후 위험들의 서열화 - 4단계 대안의 파악과 개선, 5단계 대안평가 지원 과정 - 신뢰도 또는 불확실성 수준과 관련한 합리적 판단 형성 등	대안의 선택, 또는 위험의 효과적 관리가 위험 또는 불확실성의 세부적인 정량 평가에 의해 개선될 수 있을 경우 중요

기후 위험 평가 체계: 영국 CCRA 사례

- 3단계 시급성 평가중 주요 고려 절차
- 1단계: 현재와 미래의 위험평가 → 임계값 설정
- 2단계: 현재 적응대책 평가
- 3단계: 추가적응 평가 → 시급성 분석

잠재적 위험과 기회 분석

1단계 위험과 기회

- 1a. **현재의 위험과 기회에 대한 양적·질적 평가**
- 1b. **미래의 위험과 기회에 대한 평가.** 기후 및 사회 경제적 변화로 인한 변화 평가
- 1c. **Lock-in(잠금), 임계값 설정.** 미래 기후 위험에 대한 노출 또는 취약성을 고정할 수 있는 경우를 식별
- 1d. 상호작용 및 교차 위험 식별. 각 위험과 기회에 대한 상호의존성 분석

적응 효과 평가

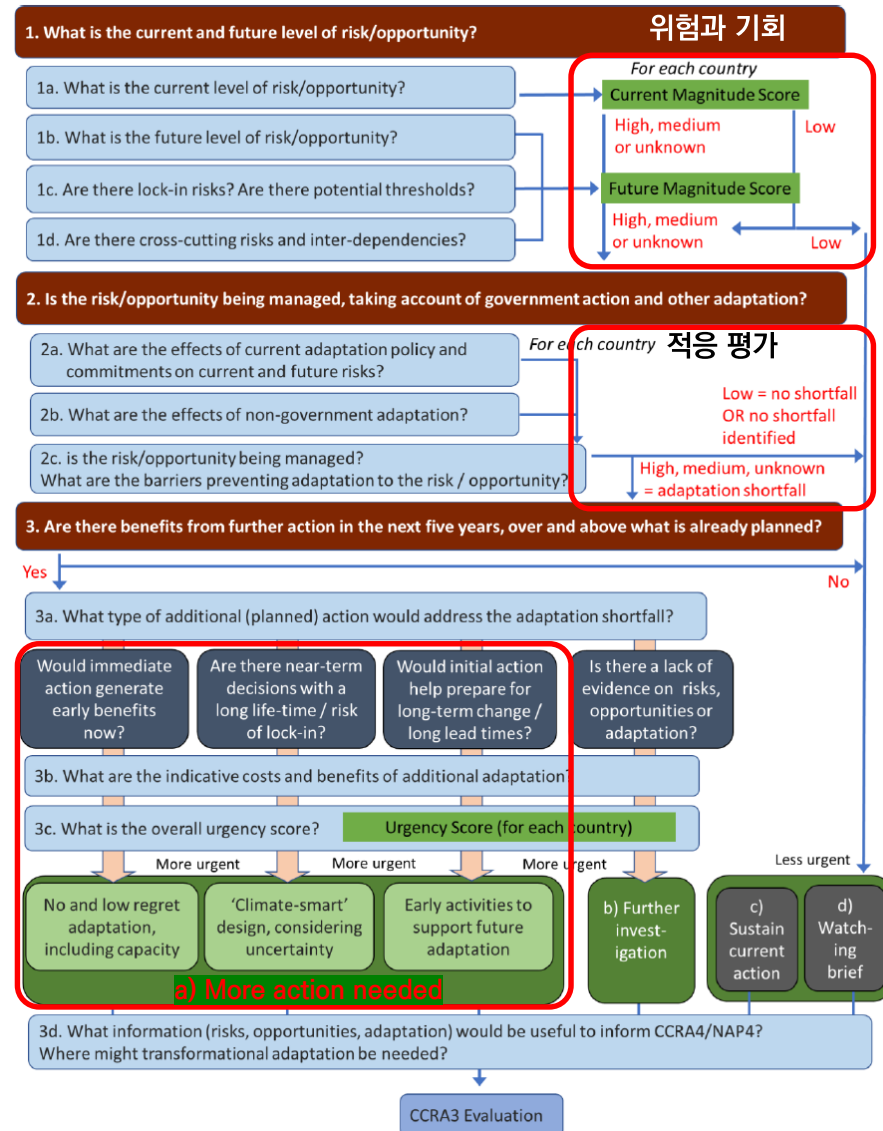
2단계 적응 평가

- 2a. **현재 적응 정책 분석.** 현재의 총 위험을 줄이거나 기회를 향상시키는데 있어 **기존 적응의 잠재적 영향을 평가**
- 2b. 비정부적 적응. 자발적이고 반응적인 적응으로 자연계나 시장의 적응으로 사회복지 렌즈를 통해 정의 될 수 있음
- 2c. 적응 격차와 장벽. 적응의 격차 존재를 식별하고, 적응장애요인 고려

적응 부족에 대한 추가적인 적응 분석

3단계 적응 강화

- 3a. **가능한 추가 적응에 대해 식별하고 평가**
- 3b. 추가 적응의 비용과 편익 분석. 완화와의 시너지 효과나 절충점 확인
- 3c. **시급성(Urgency) 분석.** 위험과 기회 추가조치 필요, 추가조사, 현재 유지,브리핑 보기로 분류하여 관리
- 3d. 학습 및 평가. 추가 정보 분석, 위험과 적응 관련 공식적인 평가



[CCRA3 평가 방법 개요]

정책 의사결정 수준에 따른 기후위험 지표 요구

● Policy areas and requirements for climate risk indicators.

Policy area	Policy topics	Indicator requirement
High level climate policy	<ul style="list-style-type: none"> Climate mitigation policy Prioritization of adaptation & resilience 	<ul style="list-style-type: none"> Relevant to high-level policy priorities Multi-sectoral Different emissions pathways Coarse spatial resolution High-level trends Long time horizon
Sector adaptation & resilience policy	<ul style="list-style-type: none"> Adaptation & resilience strategy High-level guidance 	<ul style="list-style-type: none"> Relevant to sector priorities Sector-specific indicators Variable spatial resolution, at multiple locations “worst-case” projections Variability and trend
Local authority climate policy	<ul style="list-style-type: none"> Prioritization of climate change Local adaptation & resilience policy 	<ul style="list-style-type: none"> Relevant to local priorities Multi-sectoral Fine spatial resolution Different emissions pathways
Monitoring climate change	<ul style="list-style-type: none"> Monitoring trends & progress 	<ul style="list-style-type: none"> Relevant to exposed sectors Measurable Can compare observations with projections Identifies long-term trends
Specific adaptation & resilience measures	<ul style="list-style-type: none"> Design of site-specific measures 	<ul style="list-style-type: none"> Directly-related to design parameters Fine spatial resolution “worst-case” and/or “best-case” projections

기후위험 지표 DB와 정보 형태

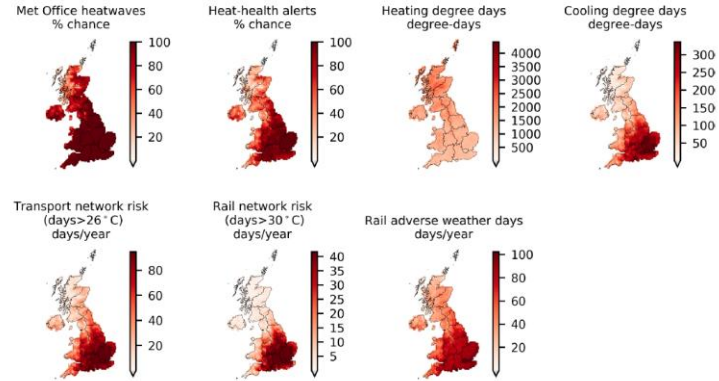
● Climate risk indicator

Table 4
Summary of climate risk indicators.

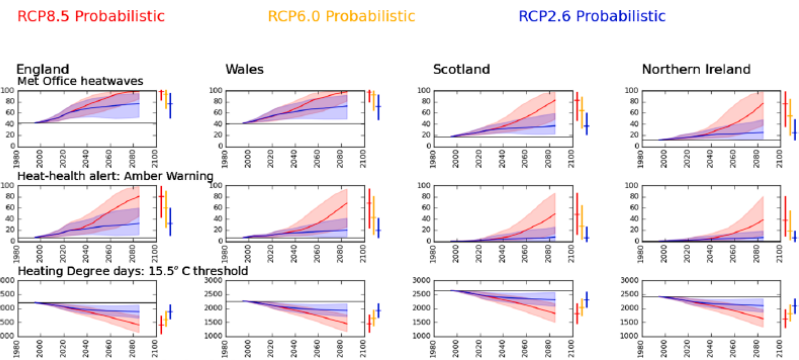
Indicator	Definition	Reference
Health and well-being		
Activation of Heatwave Plan for England ("Amber alerts")	Maximum and minimum temperatures above region-specific thresholds for at least two days	PHE (2019)
Met Office heatwave	Maximum temperature above region-specific thresholds for at least three days	McCarthy et al. (2019)
Energy use		
Heating degree days	Heating degree days relative to 15.5 °C	Carbon Trust (2012), Azevedo et al. (2015)
Cooling degree days	Cooling degree days relative to 22 °C	Azevedo et al. (2015)
Transport		
Transport network risk: 26 °C	Maximum temperature above 26 °C	Chapman (2015), RSSB (2013)
Rail network risk: 30 °C	Maximum temperature above 30 °C	RSSB (2013), Palin et al. (2013)
Railway adverse weather days	Max temperature above 25 °C, or min temperature below -3 °C, or daily rainfall > 40 mm, or snow depth > 50 mm.	Network Rail (2020a)
Agriculture		
Growing degree days	Sum of degrees above 5.6 °C during the thermal growing season	Rivington et al. (2013)
Wheat heat stress during anthesis	Days between 1 May and 15 June with max temperature > 32 °C	Jones et al. (2020)
Agricultural drought risk	Time with the Standardised Precipitation Evaporation Index (SPEI) < -1.5. SPEI calculated over 6 months	Parsons et al. (2019)
Wildfire		
MOFSI 'exceptional' fire danger	Days with the Met Office Fire Severity Index greater than the 'exceptional danger' threshold	
FFMC > 99th percentile	Days with the FFMC component of MOFSI greater than the reference period 99th percentile	de Jong et al. (2016)
Hydrological		
Severe hydrological drought	Time with the Standardised Streamflow Index (SSI) < -1.5, accumulated over 12 months	Barker et al. (2015), Svensson et al. (2017)
Flood magnitude	Magnitude of the 10-year return period peak flow	

1) 공간 분포 (양상별 평균)

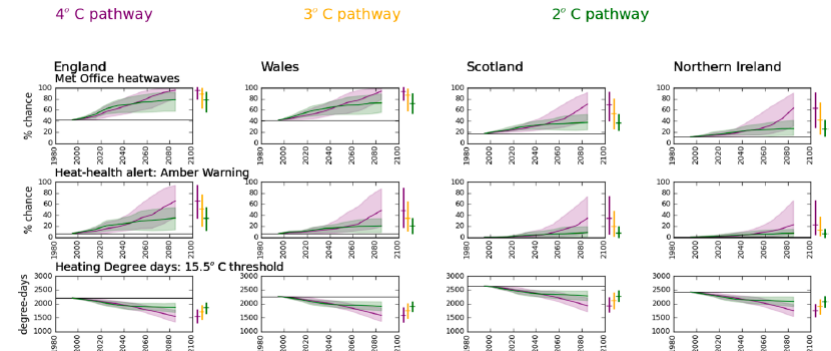
Median of Global HadGEM3 RCP8.5 projections 2071-2100



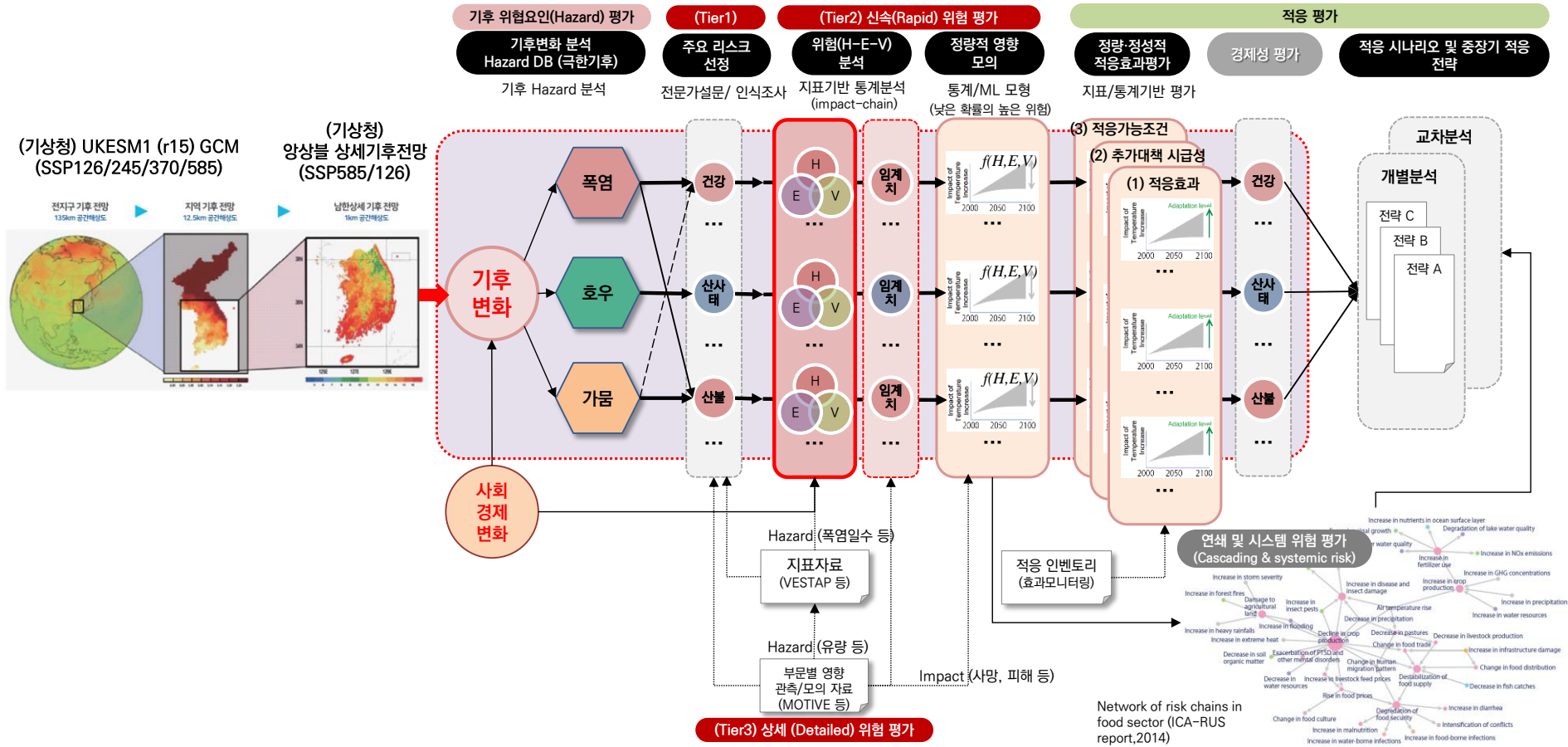
2) 배출 시나리오별 위험 정보 (지역, 시기별)



3) 온난화 수준별 위험 정보 (지역, 시기별)



기후위험 및 적응평가 체계 개발 방향



3

기후변화 취약성 평가 도구 지원



우리나라 기후위기 적응

- 2021년 9월, 『기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법』 제정
- **과학적 정보에 기초한 기후위험 관리와 적응방안 마련 요구**

- 기후위기에 따른 다양한 분야의 영향과 취약성, 위험 및 사회적·경제적 파급효과를 조사·평가하기 위한 ‘기후위기적응정보관리체계’의 구축(제37조의 2)하여 5년마다 “기후위기적응대책”을 수립(제38조의 1)

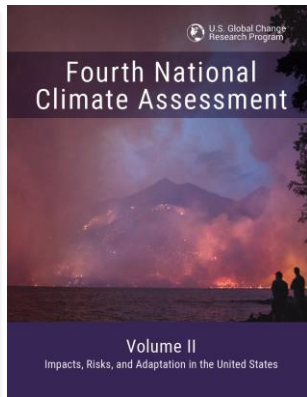
〈 적응대책 수립을 위한 과학적 정보 〉

- 기후위험 관리와 적응 의사결정에 필요한
 - 1) 과학적 정보 종류와 2) 생산 방법 검토 필요
 - 3) 국가 기후영향/리스크 평가 보고서 작성
예) 영국 CCRA3('22), 미국 NCA4('18)

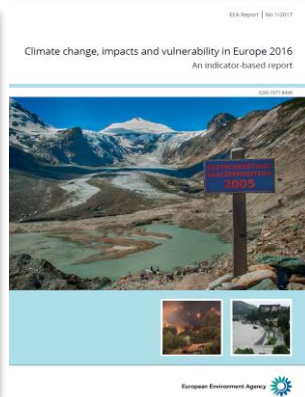
총괄	(비전) 2050 탄소중립 + 환경·경제 조화			
	(전략·목표) 국가전략 + 중장기 온실가스 감축목표			
	(이행 체계) 탄소중립 녹색성장 기본계획(국가·시도·시군구)			
분야별 시책	온실가스 감축	기후위기 적응	정의로운 전환	녹색성장
	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화영향평가 • 탄소인지예산제도 • 배출권·목표관리 • 탄소중립 도시 • 지역 에너지 전환 • 녹색건축·교통 • 흡수원·CCUS • 국제 감축사업 • 종합정보관리 	<ul style="list-style-type: none"> • 감시·예측 • 기후위기 적응대책 (국가, 지방, 공공기관) • 지역 기후위기대응 • 물 관리 • 녹색국토 • 농림수산 전환 • 적응센터 	<ul style="list-style-type: none"> • 사회안전망 • 특별지구 • 사업전환 • 자산손실 최소화 • 국민참여 • 협동조합 활성화 • 지원센터 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹색경제 • 녹색산업 • 녹색경영 • 녹색기술 • 조세제도 • 녹색금융 • 정보통신 • 순환경제
기반	탄소중립·녹색성장 이행 확산(지자체, 생산·소비, 녹색생활, 탄소중립 지원센터 등)			
기후대응 자금				



영국



미국

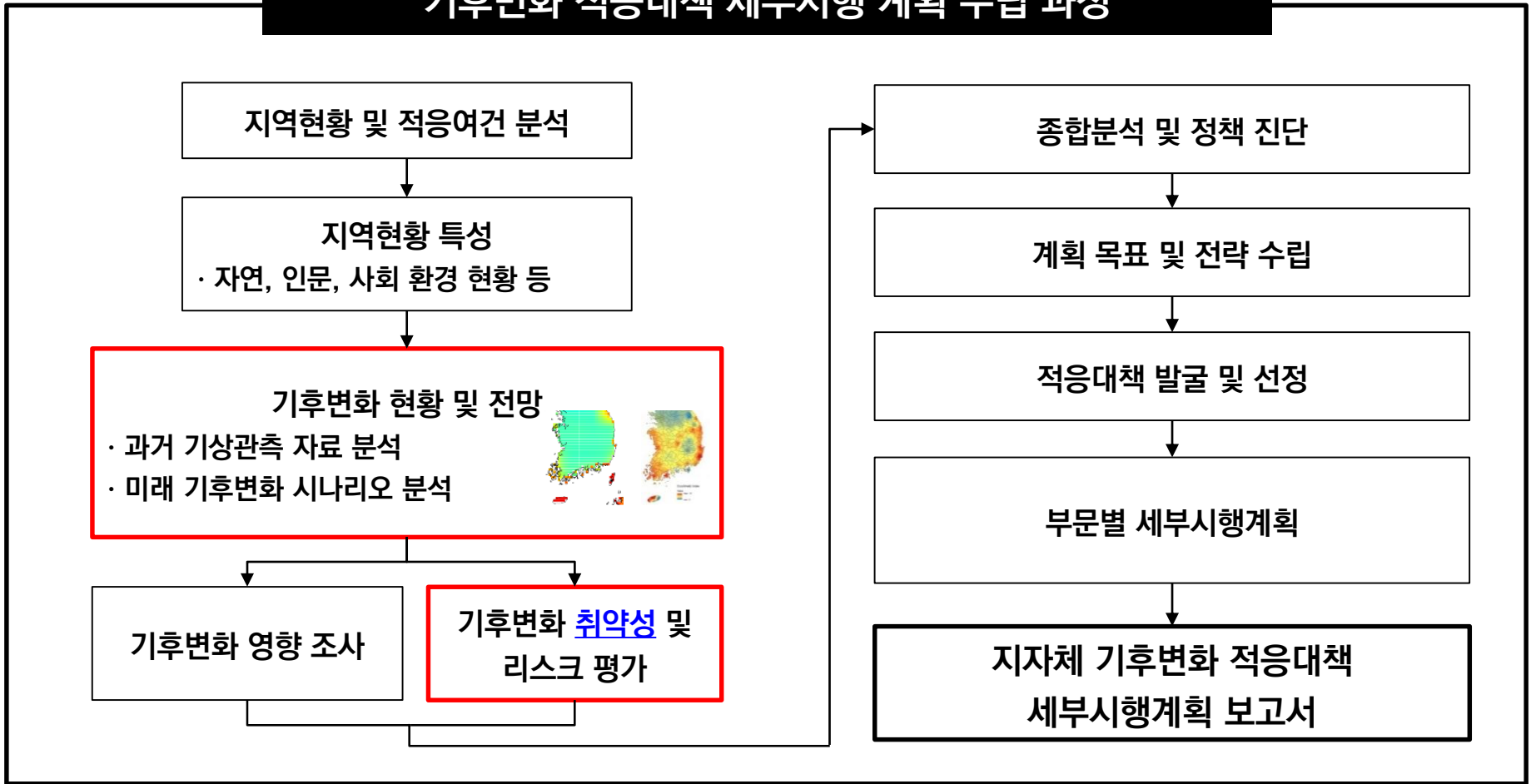


EU

지자체 기후변화 적응대책 수립 지침 (제2장 제5절)

□ 과학적 기후변화 분석에 대한 지자체의 재정적·시간적 한계 존재

기후변화 적응대책 세부시행 계획 수립 과정



□ VESTAP 활용

※ “환경부(2017), 제2차 기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립지침” 보고서의 계획수립 절차로 저자 재가공

지자체 기후변화 취약성 지원 과정

- ('11, 환경과학원) ① 전국 분야별 기후변화 취약성 평가를 통한 ② 지도첩 (건강·재난/재해·수자원·농업·산림·생태·해양/수산업 분야) 및 평가도구(CCGIS, LCCGIS) 개발·제공
- ('13, 환경과학원→적응센터) 유관기관 협의를 통한 지자체 관련 취약성 평가 이관, RCP 시나리오 반영 분야별 취약성 지도 갱신
- ('18, 적응센터) 신규 취약성 평가 항목(한파, 폭설, 이상고온) 4건 제공, 취약성 평가 신규 메뉴 (지자체간 1:1비교, 기후노출세부정보, 누적현황보고) 개설

- VESTAP기반 기후변화 취약성 평가 지침 마련
- 신규 취약성 평가 항목 개발(폭염·용수·수질 취약성 관련 5건)
- 계정관리 기능, 전국단위 취약성평가(관리자 모드), 행정구역도 현행화 등 편의 기능 개선 및 신규개발

- 물관리, 국토·연안 등 6개 부문 신규 취약성 평가 항목 12종 개발
- 기후변화 시나리오 기반 홍수 위험지도 작성 (시설물, 건강)
- 기후변화 위험지도 활용 가이드라인 제작
- 한국 기후변화 평가 보고서 2020 발간 및 배포

'15년이후 분야별 전국 평가 방법 개선 중단
→ 항목 증대 및 도구 개량 중심 전환

2014

- Web기반 기후변화 취약성 평가 지원도구 파일럿 프로그램 개발
- 기초지자체 취약성 평가 도구 본격 제공

2015

- 광역단위 원시자료 수집 및 지표화
- 광역 및 기초지자체 취약성 평가 도구 확장 제공

2016

- 기후노출 자료 고도화를 위한 RCP 시나리오 (400년 제어적분) 추가 구축
- 사회/경제 원시자료 및 행정구역도 현행화

2017

2018

- 신규 평가 항목 추가 개발 (폭설, 이상고온, 한파)
- 기존 DB 및 신규 DB 구축
- 표출시스템 고도화
- 취약성 평가 신규 기능 추가

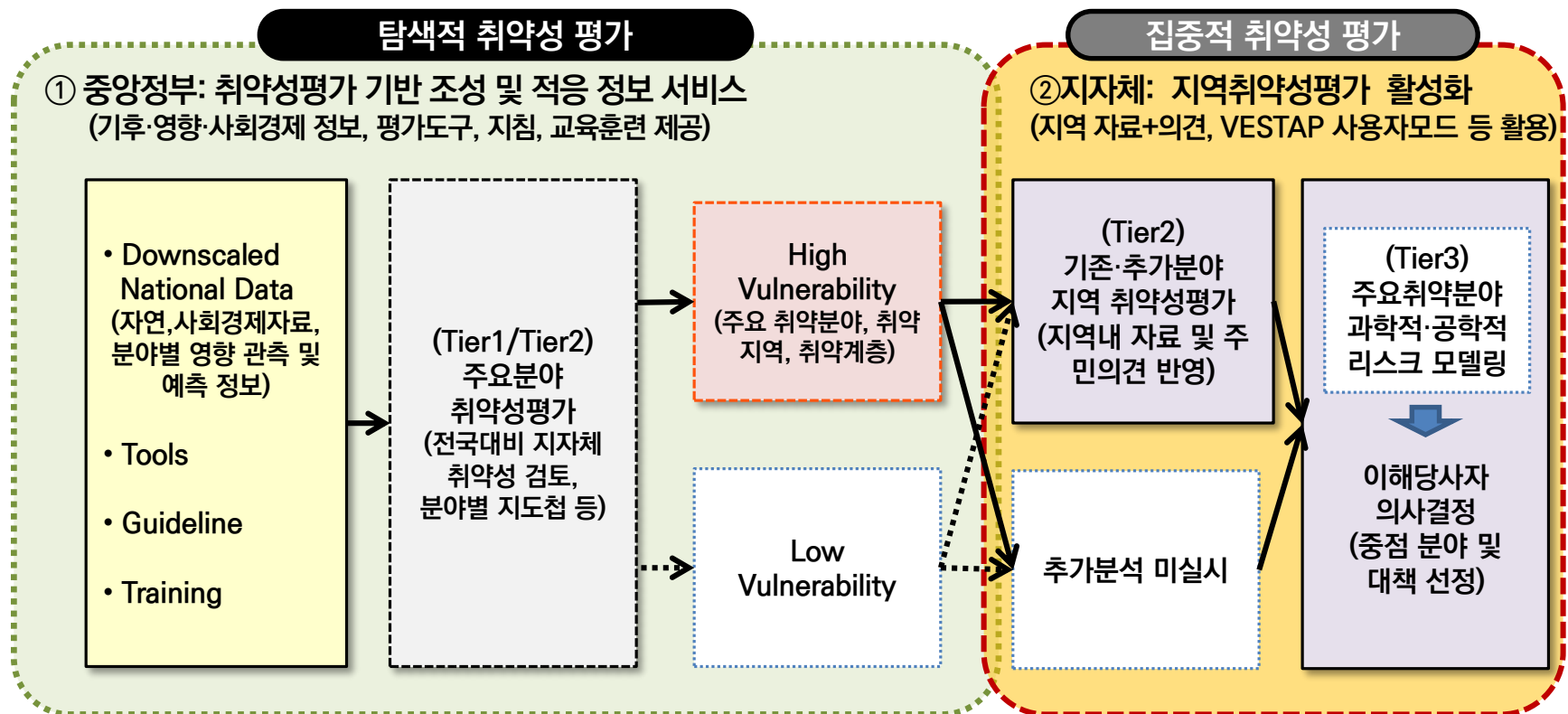
2019

- 국토·연안부문 신규 취약성 평가항목 4종 개발
- 기후변화 시나리오 기반 폭염, 한파 위험지도 작성

2020

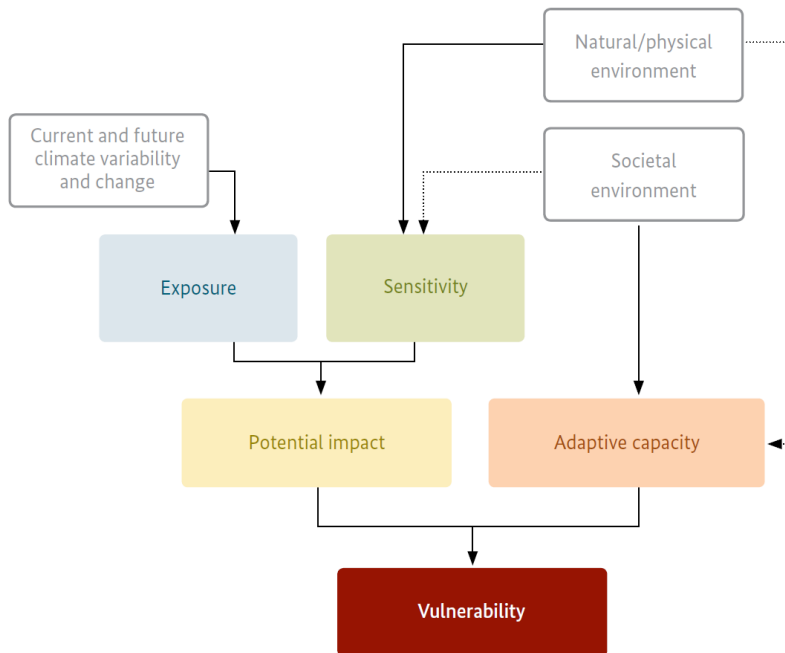
지자체 기후변화 취약성 지원 추진 전략 및 체계

- (중앙정부) **취약성 평가기반 조성 및 적응정보 서비스**: 자원 및 시간제약, 자료부족, 큰 불확실성 등을 반영 (국가통계 등 영향 및 사회경제 자료, 취약성평가 도구, 평가지침, 교육훈련 등)
- (광역·기초 지자체) **지역 취약성평가 활성화**: 지역 자료 활용, 민간 등 이해당사자 의견 반영 정책순위 결정 (관측 및 전망된 영향에 대한 공간적 검토, 현재의 역량과 상태에 대한 검토)



지자체 기후변화 취약성 평가 목적

- 적응대책수립시 기후변화 영향·취약성 평가의 목적은 1) 정책결정의 불확실성을 저감하기 위한 **과학적 근거**(언제, 어디서, 누가, 왜, 얼마나) 제시와 2) 자원의 효율적 분배를 위한 **사회, 경제적 합의** 과정
- 지자체 적응세부시행 계획 수립 중 기후변화의 영향 및 취약성의 과학적·정량적 수치 제공
 - ① 자연생태적+사회경제적 **취약성을 결정하는 지역 인자를 파악**하고
 - ② 취약계층, 취약분야, 취약지역 **관리대책 우선순위 제시**

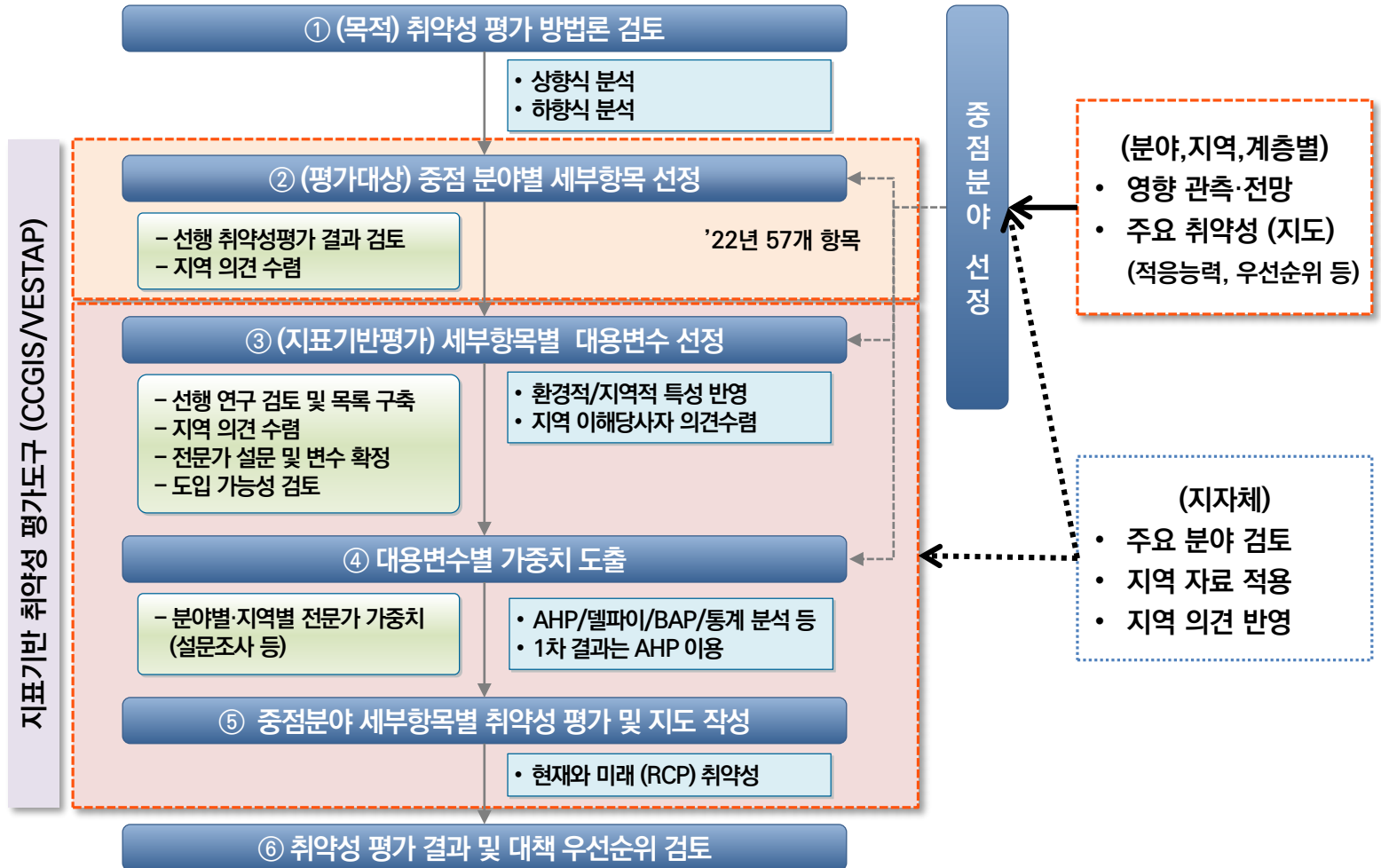


〈폭염 건강 취약성 평가를 위한 세부지표 및 가중치〉

지표		세부지표	
지표 명	가중치	세부지표 명	가중치
기후 노출 (+)	0.5	일최고기온(°C)	0.11
		일최고기온 33도이상 일수	0.26
		일최고기온 25도이상 일수	0.10
		열파지속지수(HWDI)	0.15
		체감온도	0.13
		상대습도	0.10
		불쾌지수	0.15
민감도 (+)	0.25	14세 이하 인구	0.10
		65세 이상 인구	0.20
		기초생활수급자비율	0.10
		독거노인비율(총인구)	0.20
		심혈관질환 사망자 수	0.16
		열사병/일사병으로 인한 사망자 수	0.24
적응 능력 (-)	0.25	GRDP 보건업 및 사회 복지 서비스업	0.16
		건강보험적용 인구비율	0.10
		인구당 보건소 인력	0.16
		인구당 응급의료기관수	0.16
		재정 자립도	0.21
		지역내 총생산(GRDP)	0.21

지자체 기후변화 취약성 지원: 취약성 평가 과정

기후변화 취약성 평가 절차 및 도구 활용



Web-GIS기반 평가도구 VESTAP

- **광역·기초지자체 기후변화 적응 세부시행 계획 수립 중 기후변화의 상대적 영향 및 취약성에 관한 정보 제공**
 - ① 기후변화에 따른 자연생태적, 사회경제적 취약성을 결정하는 지역 인자를 파악 하여 취약계층, 취약분야, 취약지역 관리대책 수립을 위한 기초지자체 적응 의사결정 지원
 - ② 적응대책 수립과정에 요구되는 정보와 도구의 지원을 통해 원활한 지자체 대책수립 을 유도하고 국가대책 과 연계 도모
- **상향식 취약성평가방법론을 적용: 상대 평가 기반, 지표 기반 평가**
- **평가모형을 이용한 방법이 아닌, 대응변수(대표 지표)를 활용한 방법으로 기후노출, 민감도, 적응능력에 대한 지표를 선정하여 취약성을 평가 (IPCC, 2001)**
- **국내실정에 맞는 다양한 지표 이용. 어떤 지표로 인해 기후영향의 증감이 나타나는지 손쉽게 파악 가능**

가후변화취약성평가지원도구시스템

HOME

- 가후변화취약성
- 사용자정의 취약성
- DB정보
- 영역대당
- ADMIN
- 지자체별 인벤토리
- 전국단위 취약성평가
- 영역대당 관리
- 통계보기
- 회원관리

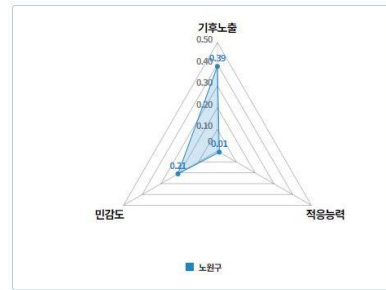
최근 취약성평가진행내역

태스크	평가항목	기후노출	민감도	연대	행정구역
전망 부문	복합적인 전망 취약성	HaGEH3-R6	RCP4.5	2041-2050	경상남도 창원군
전망 부문	복합적인 전망 취약성	HaGEH3-R6	RCP4.5	2041-2050	경상남도 창원군
전망 부문	복합적인 전망 취약성	HaGEH3-R6	RCP4.5	2041-2050	경상남도 창원군
전망 부문	복합적인 전망 취약성	HaGEH3-R6	RCP4.5	2041-2050	경상남도 창원군
전망 부문	복합적인 전망 취약성	HaGEH3-R6	RCP4.5	2041-2050	경상남도 창원군
전망 부문	복합적인 전망 취약성	HaGEH3-R6	RCP4.5	2041-2050	경상남도 창원군

공지사항, FAQ, 자료실

번호	제목	작성일	번호	제목	등록일	번호	제목	등록일
5	취약성평가 결과 종합의 통합 지도 기반 연례별	2023-09-13	53	VESTAP 지표자료 오류 관리	2023-05-30	5	WebGIS 기반 취약성평가 지원도구 VESTAP 사용자 지원도구 PDP 사용	2023-03-11
4	VESTAP에서 사용하는 데이터베이스 변경	2023-07-06	50	취약성평가 결과 종합의 통합 지도 기반 연례별 평가 결과 가능한지?	2023-03-04	4	2023년 WebGIS 기반 취약성평가 지원도구 VESTAP 사용자 지원도구 PDP 사용	2023-03-02
3	VESTAP에서 사용하는 데이터베이스 변경	2023-03-13	49	VESTAP-기후취약성평가결과서	2023-06-10	3	VESTAP에서 구명된 취약성평가 결과 종합의 통합 지도	2023-03-07
2	2023년 WebGIS 기반 취약성평가 지원도구 VESTAP 사용자 지원도구 PDP 사용	2023-03-13	48	시·군·구별 DB 오류 결과 시·군·구별 연례별	2023-03-13	2	VESTAP-구명된 취약성평가 결과 종합의 통합 지도	2023-03-07
1	VESTAP에서 사용하는 데이터베이스 변경	2023-07-06	47	기후취약성평가 결과 종합의 통합 지도 기반 연례별 평가 결과 가능한지?	2023-05-15	1	기후취약성평가 결과 종합의 통합 지도 기반 연례별 평가 결과 가능한지?	2023-03-07

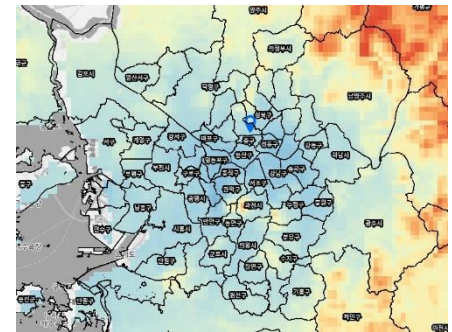
〈기후변화 취약성평가도구 메인화면〉



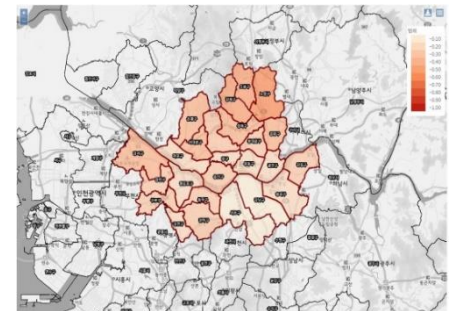
상세(읍면동) 데이터 수집의 한계로 상위(시도, 시군구)데이터를 가급적이 그대로 사용. 따라서 표준화 과정에 의해 일부 부분별 지수값이 모두 동일함. 더욱 확실한 취약성 평가를 하기 위해서는 지자체 자체 데이터를 직접 입력하여 평가할 권장함.

순위	행정구역 명칭	취약성 종합지수	기후노출 부문	민감도 부문	적응능력 부문	방사형 그래프
1	노원구	0.58	0.39	0.21	0.01	
2	도봉구	0.49	0.4	0.11	0.02	
3	강북구	0.48	0.32	0.16	0.01	
4	은평구	0.4	0.26	0.15	0.01	
5	성북구	0.4	0.3	0.13	0.02	

〈취약성평가 결과〉



〈기후노출 세부정보〉



〈취약성 지도〉

VESTAP 취약성 평가 항목 (57개)

부문(7개)	취약성 평가 항목(57개)
물(7)	수질 및 수생태에 대한 취약성
	이수에 대한 취약성
	치수의 취약성
	장·단기 가뭄에 의한 용수 취약성(일반)
	장·단기 가뭄에 의한 용수 취약성(용수별)
	가뭄에 의한 수질 취약성
	(신규) 호우에 의한 수리시설(하천, 저수지, 댐) 취약성
산림·생태계(10)	병해충에 의한 소나무의 취약성
	산림생산성의 취약성
	산불에 대한 취약성
	산사태에 의한 임도의 취약성
	소나무와 송이버섯의 취약성
	집중호우에 의한 산사태 취약성
	곤충의 취약성
	국립공원의 취약성
	침엽수의 취약성
	가뭄에 의한 산림식생의 취약성
국토·연안(11)	폭설에 대한 기반시설 취약성
	폭염에 대한 기반시설 취약성
	해수면 상승에 대한 기반시설 취약성
	홍수에 대한 기반시설 취약성
	폭설에 의한 도로 취약성
	태풍에 대한 기반시설 취약성
	토사재해에 대한 기반시설 취약성
	홍수에 대한 건축물 취약성
	토사재해에 대한 건축물 취약성
	(신규) 폭염에 의한 주거지역 취약성
	(신규) 해수면 상승에 의한 연안침식 취약성

부문(7개)	취약성 평가 항목(57개)
해양·수산(3)	수온변화에 따른 수산업(양식업)의 취약성
	(신규) 기후변화에 의한 어획량 및 수산자원 종조성 변화 취약성
	(신규) 기후변화에 의한 해양생태계(플랑크톤, 저서생물) 취약성
농·축산(7)	가축 생산성의 취약성
	농경지 토양침식에 대한 취약성
	벼 생산성의 취약성
	사과 생산성의 취약성
	재배·사육시설 붕괴의 취약성
	(신규) 이상기상에 의한 재배시설 환경관리(에너지, 난방비 등) 취약성
(신규) 병해충·질병에 의한 농작물·가축 위험관리 취약성	
건강(15)	곤충 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성
	기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성
	미세먼지에 의한 건강 취약성
	수인성 매개 질환에 대한 건강 취약성
	오존농도 상승에 의한 건강 취약성
	폭염에 의한 건강 취약성
	한파에 의한 건강 취약성
	홍수에 의한 건강 취약성
	태풍에 의한 건강 취약성
	폭염에 의한 온열질환 취약성 (일반)
	폭염에 의한 온열질환 취약성 (취약계층 별)
	한파에 의한 한랭질환 취약성 (일반)
	한파에 의한 한랭질환 취약성 (취약계층 별)
	(신규) 대기오염에 의한 호흡기계·알레르기 질환 취약성
	(신규) 폭염에 의한 정신질환 취약성
산업·에너지(4)	이상고온에 의한 겨울스포츠(스키관광) 취약성
	(신규) 폭염 및 한파에 의한 냉난방 관리(비용) 취약성
	(신규) 기후변화에 의한 건설업, 제조업(생산시설) 취약성
	(신규) 기후변화에 의한 실외 관광지(자연 및 생태환경) 취약성

취약성 평가항목 확대: '12년 32개 → '18년 41개 → '20년 57개

VESTAP 메뉴 및 기능

기후변화 취약성평가도구 메뉴

기후변화취약성

취약성평가

지역간비교분석

기후노출 세부정보

누적현황보고

사용자정의 취약성

평가 지표 생성

평가 항목 생성

자체 취약성 평가

DB 정보

원시 자료 정보

지표 자료 정보

평가 항목 정보

열린마당

공지사항

FAQ

건의사항

자료실

VESTAP 메뉴 및 기능: 기본 취약성 평가

• 취약성 평가 결과 보는 방법

- ① 취약성 평가 결과지도 : 지도를 통한 상대적 취약지역 가시화
- ② 종합지수 : 행정구역별 순위, 부문별 지수 표출
- ③ 상세보기 : 산출식, 원시자료, 구축형태(가공여부) 정보
- ④ 기초자료 : 원시자료에 대한 실제 수치 표시

기후변화취약성평가지원도구시스템

취약성평가

표 리스크

평가항목

건강 부문 리스크 평가항목

- ✓ 온중 및 설치류에 의한 전염병 건강 취약성
- ✓ 기타 대기오염물질에 의한 건강 취약성
- ✓ 미세먼저에 의한 건강 취약성
- ✓ 수인성 세균 질병에 대한 건강 취약성
- ✓ 오존농도 상승에 의한 건강 취약성
- ✓ 폭염에 의한 건강 취약성
- ✓ 한파에 의한 건강 취약성
- ✓ 홍수에 의한 건강 취약성
- ✓ 가뭄 발생에 의한 취약성
- ✓ 대물에 의한 건강 취약성
- ✓ 폭염에 의한 온열질환 취약성(일반)
- ✓ 폭염에 의한 온열질환 취약성(실외근로자 대상)
- ✓ 폭염에 의한 온열질환 취약성(65세 이상 노인 대상)
- ✓ 폭염에 의한 온열질환 취약성(5세 미만 영유아 대상)
- ✓ 폭염에 의한 온열질환 취약성(아열대 동자 대상)
- ✓ 폭염에 의한 온열질환 취약성(저소득층 대상)
- ✓ 한파에 의한 한랭질환 취약성(일반)
- ✓ 한파에 의한 한랭질환 취약성(65세 이상 고령 인구)
- ✓ 한파에 의한 한랭질환 취약성(5세 이하 영유아)
- ✓ 한파에 의한 한랭질환 취약성(저소득층)
- ✓ 한파에 의한 한랭질환 취약성(아열대 동자)
- ✓ 한파에 의한 한랭질환 취약성(경제결핍자)

표출 종합정보

취약성평가 결과 지도

종합지수

상세보기

순위	행정구역 명칭	취약성 종합지수	기후노출 부문	민감도 부문	회복능력 부문	방사형 그래프
1	송파구	0.42	0.41	0.16	0.15	
2	노원구	0.38	0.27	0.16	0.06	
3	성북구	0.37	0.3	0.13	0.07	
4	관악구	0.35	0.24	0.17	0.06	
5	은평구	0.29	0.15	0.18	0.03	

기초자료

번호	부문	지표명	구축형태	가중치
1	기후 노출	1일 최대 강수량	A	0.2
2	기후 노출	일강수량이 80mm 이상인 날의 횟수	A	0.28
3	기후 노출	일 최고기온이 33°C 이상인 날의 횟수	A	0.22
4	기후 노출	일 최저기온이 25°C 이상인 날의 횟수	A	0.3

취약성 평가 결과 지도
종합지수
상세보기
기초자료

VESTAP 지표 및 DB 현황

기후노출 DB 구축 현황

- HadGEM3-RA DB 150종, MME5s DB 72종, 총 222종 구축 → **SSP-RCP 시나리오 반영 필요**

기후모형(2)	DB명(5)	시나리오(2)	시간범위(5)	공간해상도(3)
- HadGEM3-RA	- 강수량	- RCP4.5	- 2001~2010**	- 광역시도
- MME5s	- 최고기온	- RCP8.5	- 2011~2020**	- 시군구
	- 최저기온		- 2021~2030	- 읍면동
	- 평균기온		- 2031~2040	
	- 풍속*		- 2041~2050	

* 풍속 자료는 HadGEM3-RA 모형에만 존재, ** 2001~2020 기후자료는 HadGEM3-RA 모형에만 존재

지표 및 원시자료 구축 현황

종류		구축현황
지표	기후노출	117종
	민감도	212종
	적응능력	184종
	소계	513종
원시자료	행정구역도	3종
	기후, 지형 등	206종
	소계	209종

VESTAP 계정 발급 수

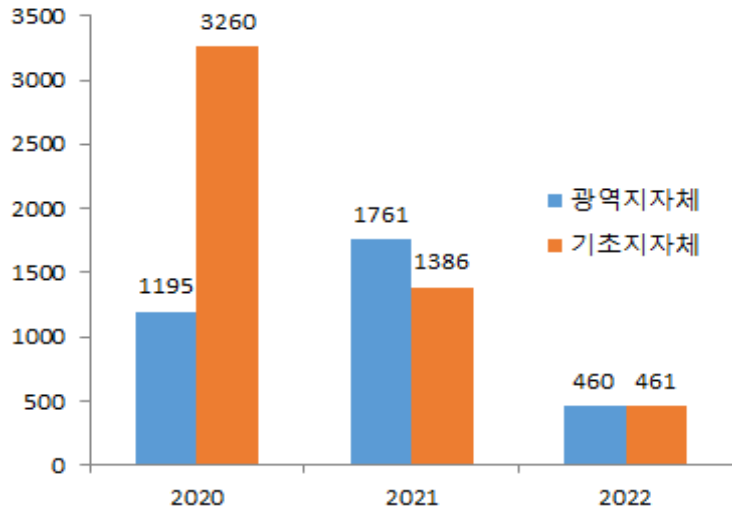
2021.09 기준, 총 317 건

연 도	구 분	계정 발급 기관 수	비 고
2015	정부기관	1	기상청
	기초지자체	251	서울특별시 종로구 외 250건
	공공기관	1	국립공원관리공단
	연구기관	1	인천광역시 보건환경 연구원
2016	정부기관	2	국민안전처 외 1건
	광역시자체	17	서울특별시 외 16건
	공공기관	8	인천환경공단 외 7건
	연구기관	1	통계개발원
2017	공공기관	6	인천국제공항공사 외 5건
	연구기관	4	국토연구원 외 3건
2018	공공기관	2	한국에너지공단 외 1건
	연구기관	3	한국보건사회연구원 외 2건
2019	공공기관	3	한국가스공사 외 2건
	연구기관	5	대구경북연구원 외 4건
2020	공공기관	2	한국환경공단 외 1건
	연구기관	5	충남연구원 외 4건
2021	정부기관	2	질병관리청 외 1건
	연구기관	3	국립문화재연구소 외 2건

VESTAP 접속건수

2022.05 기준

연도별 접속건수

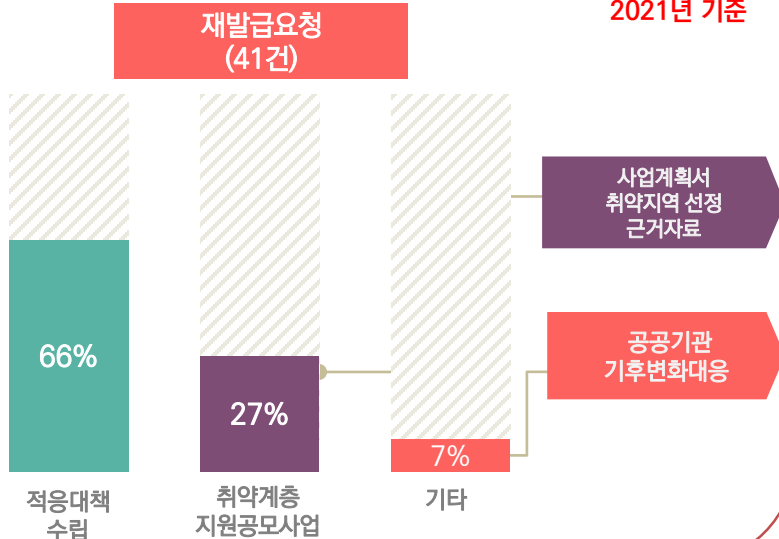


연도별 지자체 접속계정 현황

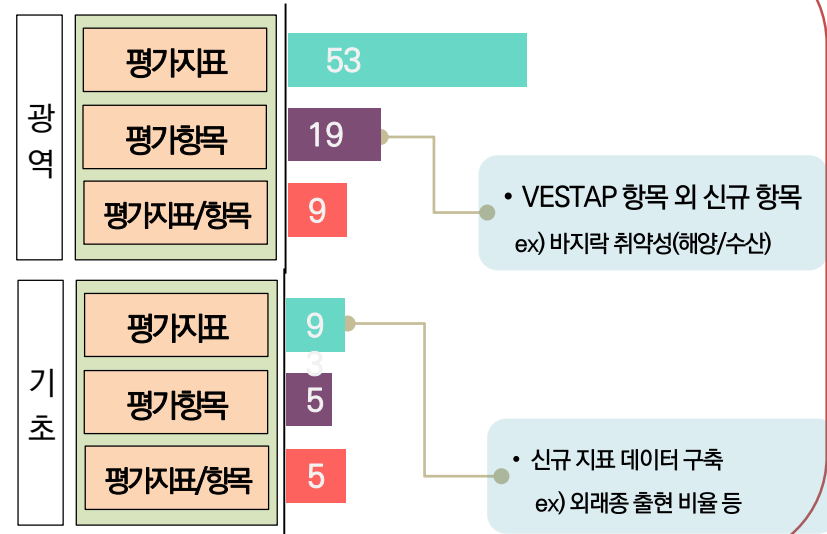


VESTAP 사용 목적

2021년 기준



사용자 취약성평가 사용현황



전국 기후변화 취약성 평가 지도 제공: 광역지자체

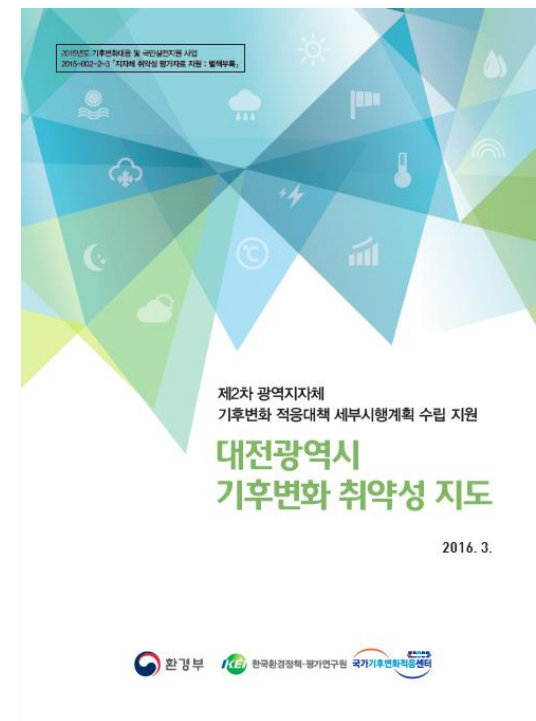
- ('11) 전국 부문별 기후변화 취약성 지도(SRES) (건강·재난/재해·수자원·농업·산림·생태·해양/수산업 분야)
- ('14) 전국 부문별 기후변화 취약성 지도(RCP8.5)
- ('16) 지자체별 기후변화 취약성 지도 ('14년 지도 지자체별 편집)



(2011,SRES)



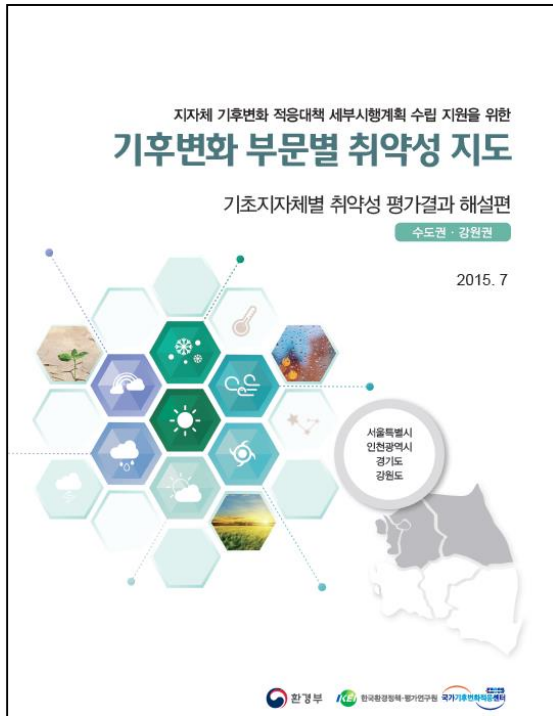
(2014,RCP8.5)



(2016,RCP8.5)

전국 기후변화 취약성 평가 지도 제공: 기초지자체

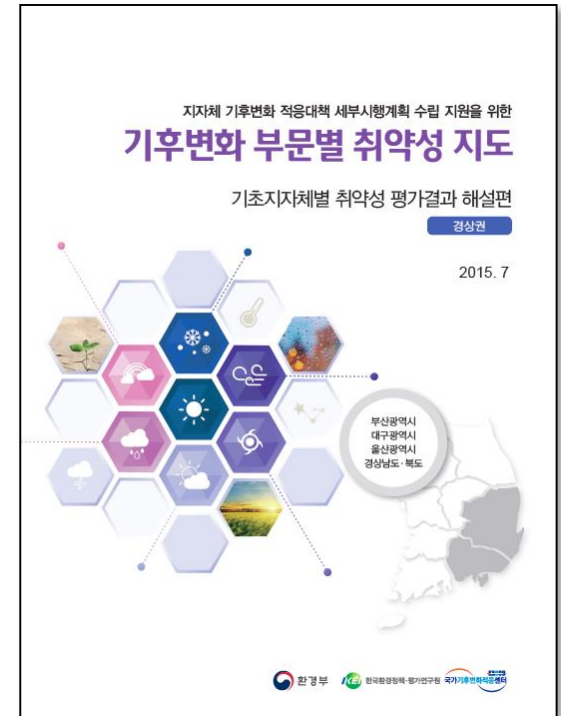
- ('14) 전국 부문별 기후변화 취약성 지도(RCP8.5) (건강·재난/재해·수자원·농업·산림·생태·해양/수산업 분야)
- ('15) 전국(시군구) 부문별 기후변화 취약성 지도 해설집('14년 결과 지자체별 해설집)



(수도권,강원권)



(충청권,전라권,제주권)



(경상권)

4

기후변화 리스크 평가 사례



리스크 평가 개요

- (목적) 지자체 기후변화 적응 예산분배 기준 마련을 위한 과학적 근거자료로서 리스크 평가 실시
- (평가대상) (홍수) 건축물, 농경지, 도로, 인구 / 폭염 (건강)
- (공간적 범위 및 해상도) 전국 / 229개 기초지자체 (시·군·구)
- (시간적 범위 및 해상도) : '01~'20년(기준연도), '21~'40년(미래연도 RCP4.5/8.5)
- (가중치) 계층화분석(Analytic Hierarchy Process, AHP)
- (평가방법) 위해성, 노출성, 취약성 지표 간의 연산을 통해 산정

$$* \text{리스크} = \alpha \text{위해성} + \beta \text{노출성} + \gamma \text{취약성}$$

- (표준화) 리스케일링 (re-scaling)

$$: x^t - \min^{to} / \max^{to} - \min^{to}$$

(여기서, to 는 기준연도, t 는 전체연도)

보도자료			
보도일시	2019년 8월 2일 오전(8. 1. 12:00 이후)부터 보도하여 주시기 바랍니다.		
환경부	환경부	백관선 과장/이민준 사무관/이수영 사무관	
담당부서	신기후변화대응팀	044-201-6950/6955/6957	
	국가기후변화적응센터	044-415-7250/7813	
배포일시	2019. 7. 29. / 총 16페이지		
향후 10년 우리나라 폭염 위험도 더욱 높아진다			
◇ 기초 지자체 229곳 대상 폭염 위험도 평가결과, 2001~2010년 '높음' 이상 69곳에서 2021~2030년 126곳으로 크게 증가			
◇ 환경부, 심각해지는 폭염 대비하고 기후변화 적응 관점에서 지역의 중장기적 대응력 제고를 위해 '폭염 위험도' 평가			

- 환경부(장관 조영래)는 전국 229곳의 기초 지자체를 대상으로 기상청의 기후전망 시나리오를 활용하여 2021~2030년 '폭염 위험도'를 5단계(매우 높음-높음-보통-낮음-매우 낮음)로 평가한 결과를 공개했다.
- * 폭염: 일반적으로 일 최고기온이 33°C 이상일 때를 폭염이라고 하고, 일 최고기온이 33°C 이상 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때 폭염주의보가 발령됨
- 이는 '저난해' 유례없는 폭염으로 건강상-재산상 피해가 크게 발생했고, 지구온난화로 폭염의 빈도 및 강도가 계속 증가할 것으로 예상됨에 따라 중장기적 관점에서 지자체의 기후변화 적응능력을 제고하자는 취지에서 작성한 것이다.
- 평균 폭염일수: 00년대 8.2일 → 00년대 10.8일 → 2000년대 10.4일 → 2018년 9.5일 → 연평균 11~17년 온일일환자 1,328명/시당 11명 → 19년 온일일환자 4,526명/시당 46명
- 폭염이나 폭한 등의 '위험도(risk)'는 2014년에 발간된 '기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)' 제5차 보고서에 제시된 개념이며 위해성, 노출성, 취약성 간의 상호작용에 의해 발생하는 영향 정도를 의미한다.
- 위험도(risk) = α×위해성 + β×노출성 + γ×취약성
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change): 기후변화와 관련된 전지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구와 유엔환경계획이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제협의체

기후변화 위험지도 활용 가이드라인

2020. 6.

폭염 리스크 평가를 위한 지표 및 가중치

지표	세부지표		가중치	부호	연도	출처	비고
위해성 (0.44)	H1	폭염기간 일최고기온 평균(°C)	0.09	+	'01-'20년 (기상관측)	기상청	강도/빈도
	H2	일최고기온 33도(폭염)이상 일수(일)	0.25	+			
	H3	일최저기온 25도(열대야) 이상 일수(일)	0.23	+	'21-'40년 (RCP4.5 /8.5)		습도효과
	H4	체감온도(°C)	0.19	+			지속기간
	H5	온난일 계속 기간(일)	0.24	+			
노출성 (0.28)	E1	65세 이상 인구비율(%)	0.22	+	2019	통계청	건강상태
	E2	장애인비율(%)	0.12	+	2019		
	E3	독거노인비율(총인구)(%)	0.20	+	2019		빈곤/고립
	E4	기초생활수급자비율(%)	0.22	+	2019		
	E5	농림어업 야외노동자인구 비율(%)	0.16	+	2015		고온환경
	E6	인구밀도(명/km ²)	0.08	+	2019		인구규모
취약성 (0.28)	V1	도시화면적비율(%)	0.11	+	2019	통계청	토지피복
	V2	녹지면적비율(%)	0.14	-	2019		
	V3	하천 및 수계 면적비율(%)	0.08	-	2019		
	V4	1인당 지역내 총생산(GRDP)(백만원/인)	0.08	-	2019		사회경제여 건
	V5	재정자립도(%)	0.09	-	2019		
	V6	실업률(%)	0.10	+	2019	보건 인프라	
	V7	일반회계 중 복지예산비율(%)	0.09	-	2019		
	V8	인구당 보건소 인력(명/만명)	0.07	-	2018		
	V9	인구당 응급의료기관수(개/십만명)	0.09	-	2019		국립중앙의료원
	V10	인구당 소방서 인력(명/천명)	0.07	-	2018		지자체
	V11	65세이상 인구당 무더위 쉼터 설치수 (개/천명)	0.08	-	2019	행안부	

홍수 리스크 평가를 위한 지표 및 가중치

지표	세부지표		가중치	부호	연도	출처	비고
위해성 (0.39)	H1	설계강우량(100년빈도) 대비 강우량 비율(-)	0.34	+	'01-'20년 (기상관측) '21-'40년 (RCP4.5 /8.5)	환경부, 기상청, 행안부	국가·지방하천 (외수)
	H2	설계강우량(100년빈도) 70% 초과 강우 일 수(일) ※홍수경보 : 계획홍수량의 70%가 흐를 때의 수위	0.23	+			
	H3	방재성능목표강우량 대비 강우량 비율(-)	0.15	+			도시·소하천 (내수)
	H4	방재성능목표 강우량 초과 강우 일 수(일)	0.18	+			
	H5	일 최대 강우량(mm)	0.10	+			
노출성 (0.31)	E1	홍수위험 지역에 위치한 건축물 건축면적(m ²)	0.32	+	2021	국토부	피해대상 (환경부, 행안부 홍수위험지도 LX 침수흔적도 활용)
	E2	홍수위험 지역에 위치한 농경지 면적(m ²)	0.12	+	2019	환경부	
	E3	홍수위험 지역에 위치한 도로 면적(m ²)	0.18	+	2020	국토부	
	E4	홍수위험 지역에 위치한 인구(명)	0.39	+	2021	국토부	
취약성 (0.30)	V1	최근 10년 침수면적 비율(%)	0.33	+	2019	한국국토 정보공사	민감도
	V2	불투수면 비율(%)	0.19	+	2019	환경부	
	V3	하천개수율(%)	0.32	-	2020	통계청	외수대책
	V4	노후('01년 이전) 하수관로 비율(%)	0.17	+	2019	환경부	내수대책

홍수 위해성 지표 정의서

위해성

H1. 설계강우량(100년빈도) 대비 강우량 비율(-)

- (의미) 국가·지방하천 외수침수 발생 강도를 나타내는 지표로 **하천 수공구조물 설계*에 활용되는 설계강우량(100년빈도) 대비 기준 및 미래연도의 강우량 비율이 클수록 외수침수의 규모가 크다**고 가정

* 국가하천 설계빈도 : 100년~200년, 지방하천 설계빈도 : 80년~200년

- (산정방법) 행정구역별 24시간 지속기간 설계강우량을 초과하는 '01~'20년 (현재), '21~'40년 (RCP4.5/8.5, 미래) 연평균 일 강우 횟수 산정

【확률강우량(100년빈도) 대비 강우량 비율 산정방법】

기준연도 : $\text{Max}(\text{'01년~'20년 일 강우량}) / \text{확률강우량}$

미래연도 : $\text{Max}(\text{'21년~'40년 일 강우량}) / \text{확률강우량}$

※ 예) 결과 값이 1.5일 경우, 기준 또는 미래연도의 강우량이 확률강우량보다 1.5배 높다는 의미

- 필요 자료 및 구축 방법

① 행정구역별 24시간 지속기간 설계강우량(100년빈도)

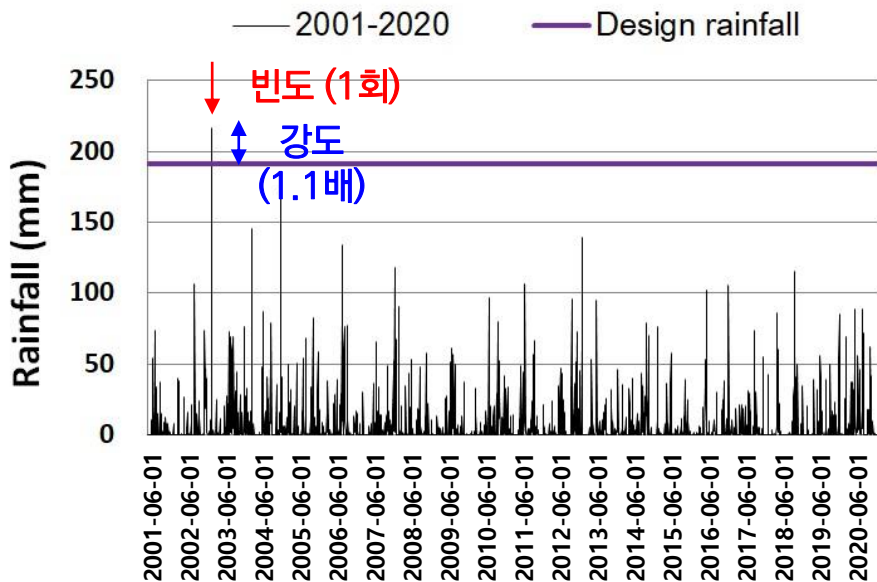
- 강우 관측소별 24시간 지속기간 100년 빈도 강우량을 행정구역 면적강우량으로 변환(Thiessen)

② 행정구역별 기준연도 및 미래연도의 일 강우량

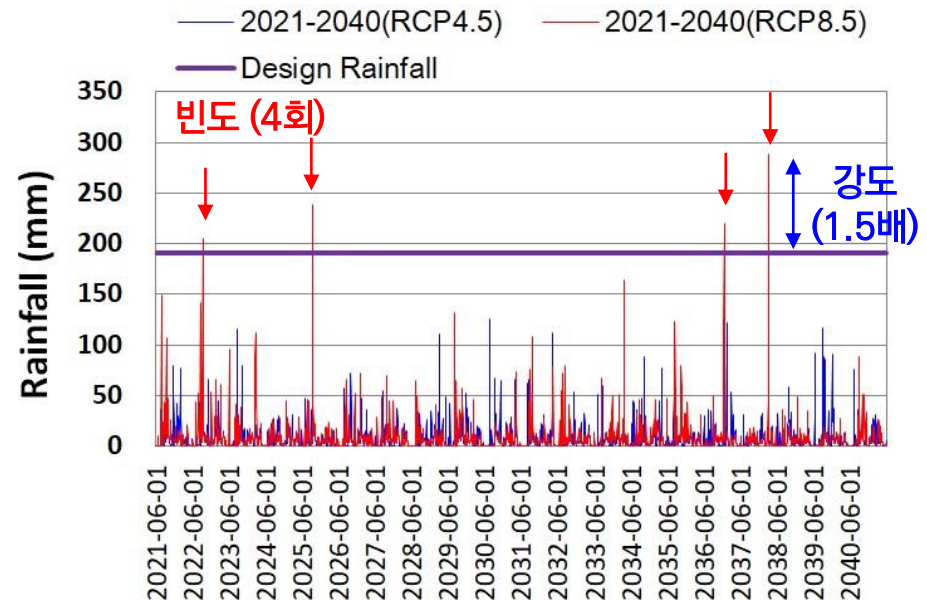
- 기상청 기후변화 시나리오를 활용하여 행정구역별 기준연도 및 미래연도 RCP4.5/8.5 일 강우량 구축

홍수 위해성 산정 개념

- 국가는 하천 및 도시가 감당할 수 있는 목표강우량(설계강우량)을 결정하여 홍수방어 대책 수립에 활용
- 설계강우량을 홍수 위험 임계치로 결정하고, 229개 행정구역별 기준연도 및 미래연도의 초과 빈도 및 강도 산정



〈'01-'20년 일 강우량 및 설계강우량, 김해시〉



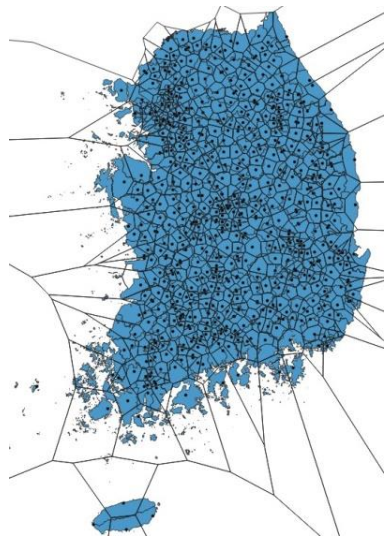
〈'21-'40년 일 강우량 및 설계강우량, 김해시〉

홍수 위해성 산정을 위한 DB 구축

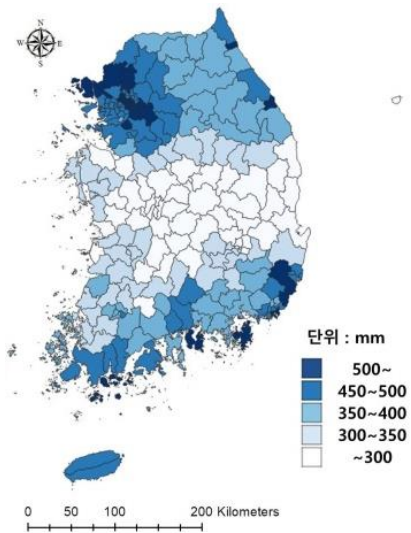
① 행정구역별 설계강우량 산정 (임계값)

- 615개 기상관측소(ASOS, AWS)별
100년 빈도 설계강우량 자료* 및 티센망 구축

* 환경부(2019), 전국 하천유역 홍수량 산정 용역



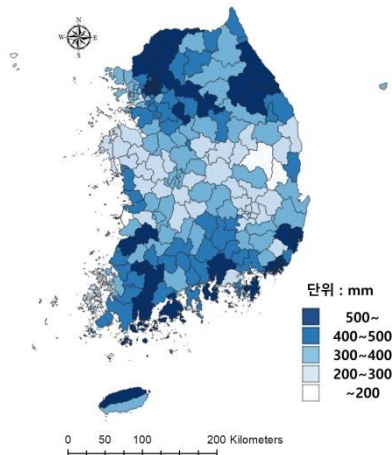
〈기상관측소 및 티센망〉



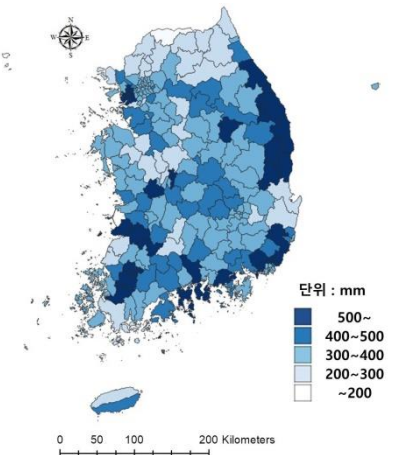
〈100년 빈도 설계강우량〉

② 행정구역별 일별 강우량 산정

- 기준연도 ('01~'20년)
 - 기상청 기상관측소(ASOS, AWS)별
강우자료 티센망 구축을 통한 행정구역화
- 미래연도 ('21~'40년)
 - 기후모델 : HadGEM3-RA
 - 시나리오 : RCP4.5 / 8.5
 - 기상청 제공 행정구역별 일 강우자료 활용

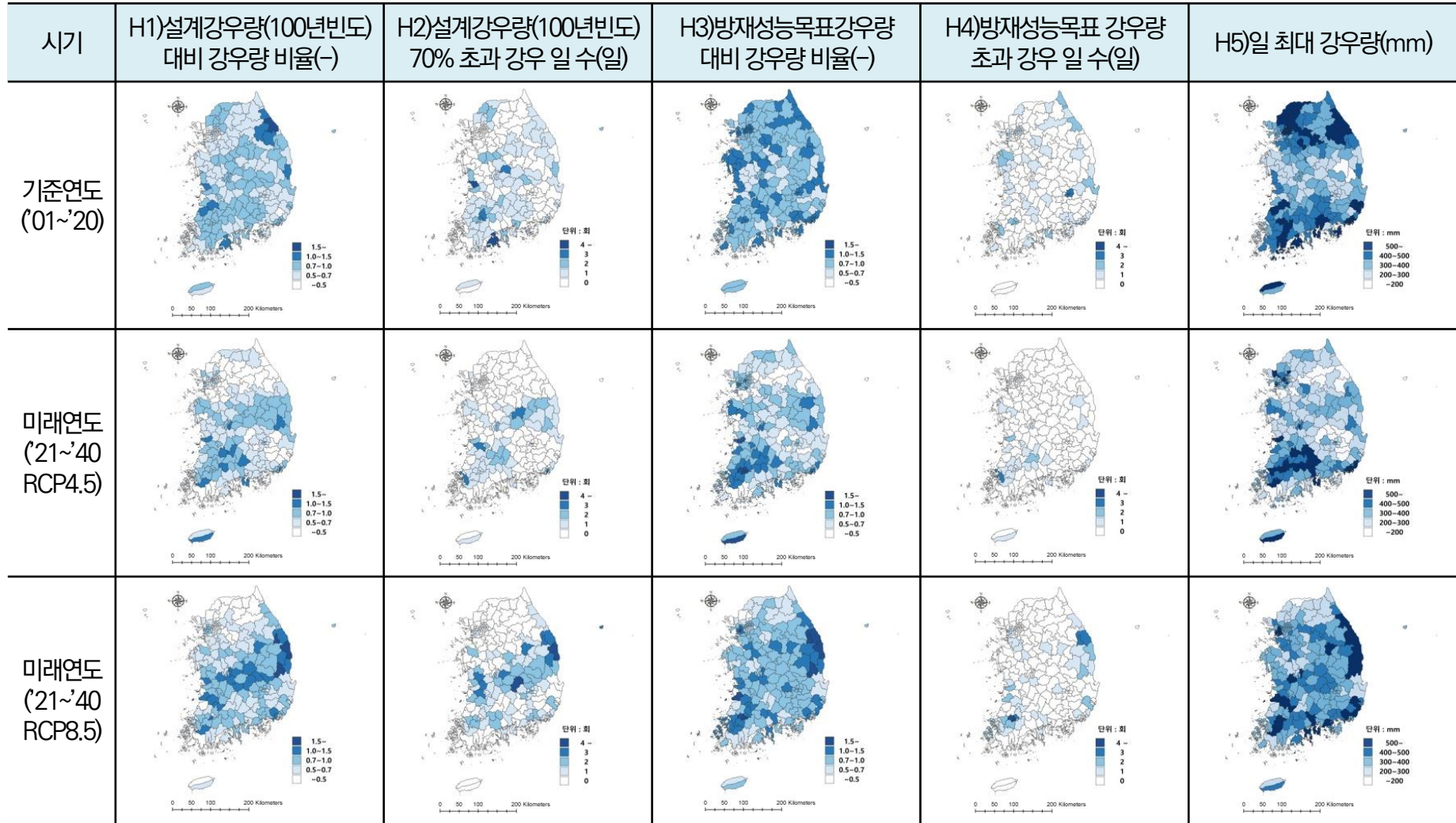


〈기준연도 일 최대 강우량〉



〈미래연도 일 최대 강우량〉

홍수 위해성 지표 DB 구축 결과

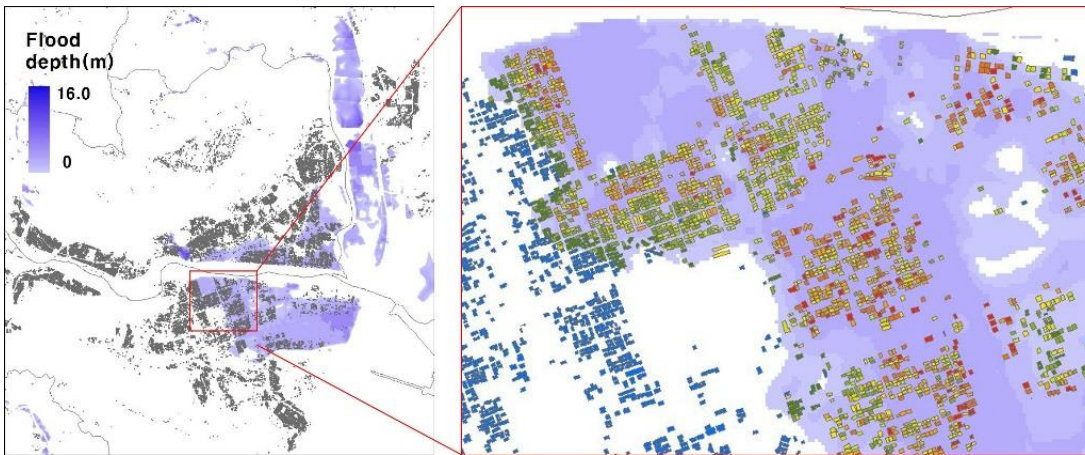


홍수 노출성 지표 정의서

노출성

E1~4. 홍수위험 지역에 위치한 건축, 농경지, 도로 면적(m²) 및 인구 수(명)

- (의미) 하천 계획 홍수위 보다 낮은 지역에 위치하여 **홍수 노출이 예상되는 건축물, 농경지, 도로, 인구 규모를 나타내는 지표로 클수록 노출성이 크다고 가정**
- (산정방법) GIS(공간정보시스템)를 통해 홍수위험 지역(환경부 홍수위험지도)내에 위치한 노출대상 규모 산정



〈울산 남구 신정동 일대 건축물 수 산정 예시〉

〈최근 10년간 태풍, 호우에 의한 피해액〉

구분	공공시설	건축물	농경지	기타
피해액	1조 8,740억원	633억원	501억원	439억원
비율	87.3%	5.1%	4.0%	3.6%

〈2019년 공공시설* 피해액〉

구분	도로	하천	사방	소하천
피해액	306억원	270억원	246억원	180억원
비율	20.4%	18.0%	16.4%	12.0%

* 공공시설 : 도로, 하천, 소하천, 수도, 항만, 어항, 학교, 철도, 수리, 사방, 군시설, 소규모

* 사회경제적으로 파급효과가 큰 **인구**

필요 자료 및 구축 방법

- ① 국토교통부 공간정보인 건축물, 도로, 100m 격자인구 및 환경부 토지피복도의 농업지역 자료 구축
- ② 전국 국가 및 지방하천 100년 빈도 홍수위험지도 구축

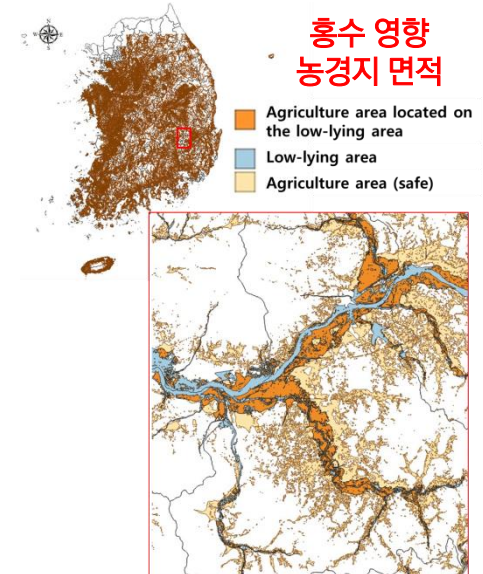
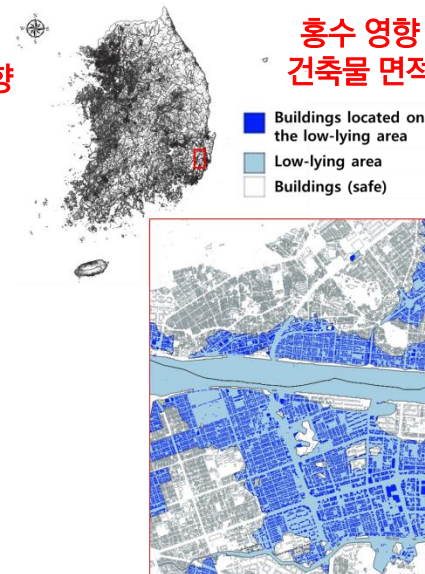
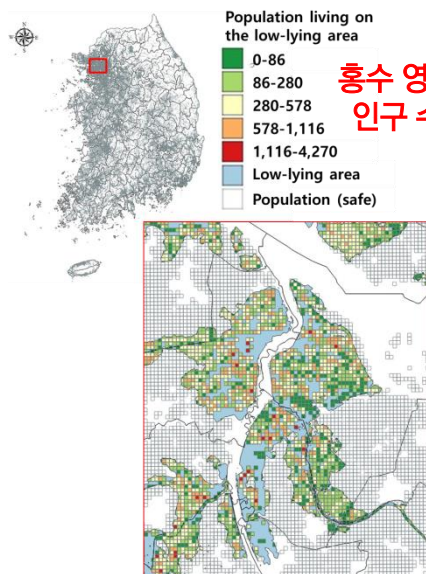
홍수 노출성 지표 DB 구축 결과

국가 및 지방하천 홍수 영향(범람) 지도 구축

구분	한강	낙동강	금강	섬진강	영산강
국가하천	158개 (환경부)				
지방하천	2,708개 (환경부)			848개(행안부)	

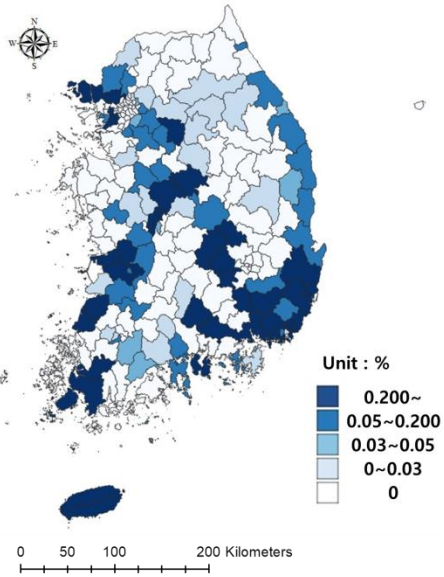


홍수 영향 지역에 위치한 도로, 건축물, 농경지 면적 및 인구 수 산정

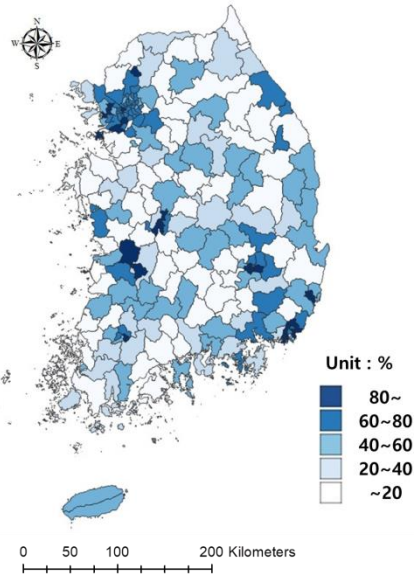


홍수 취약성 지표 DB 구축 결과

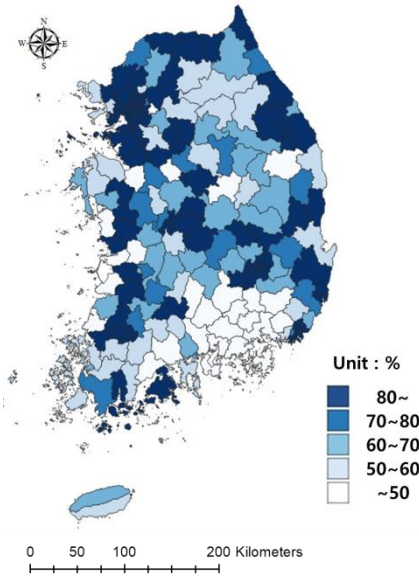
- 침수흔적도, 토지피복도를 활용한 공간정보 분석 및 행정구역 통계자료를 활용하여
취약성 지표 구축



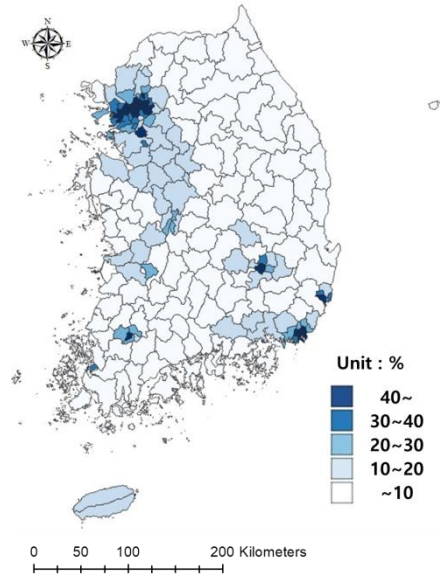
〈최근 10년 침수면적 비율〉



〈불투수면 비율〉



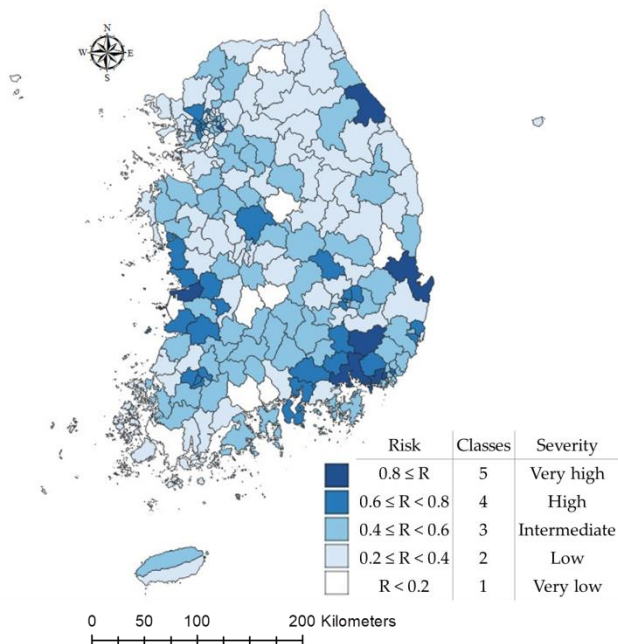
〈하천개수율〉



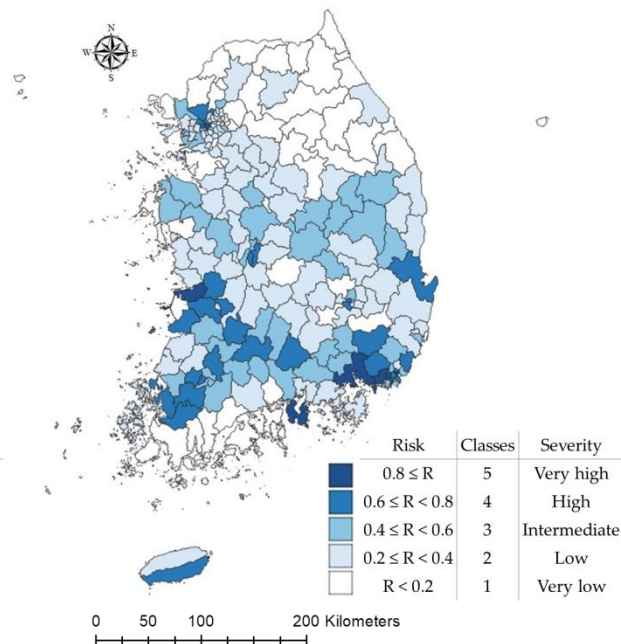
〈노후 하수관로 비율〉

홍수 위험 산정 결과

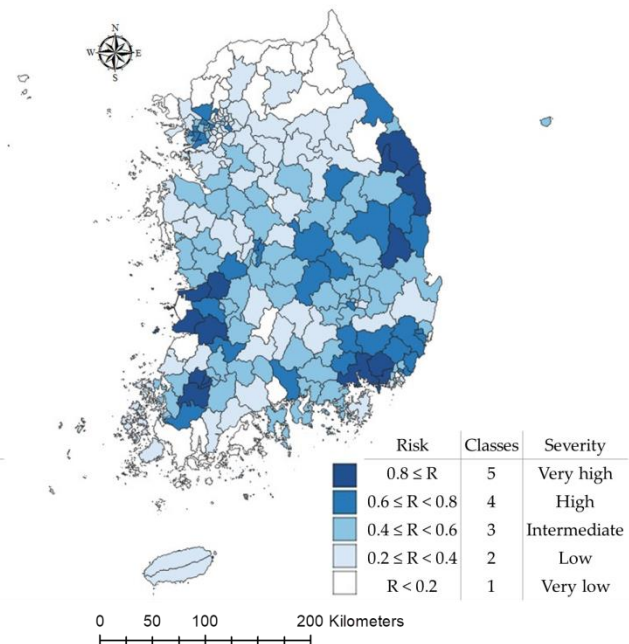
- 고 위험(0.6이상) 지자체는 기준연도 43개(19%), 미래 RCP4.5 42개(18%), RCP8.5 51개(22%)로 분석 됨
 - 홍수 위험은 기준연도와 RCP4.5와 유사하나, RCP8.5는 기준연도 보다 다소 높은 것으로 나타남
- 기준연도는 북부, 중부 일부지역과 남부지역, 미래연도는 중부, 남부 지역의 위험이 높음



〈기준연도, '01-'20년〉



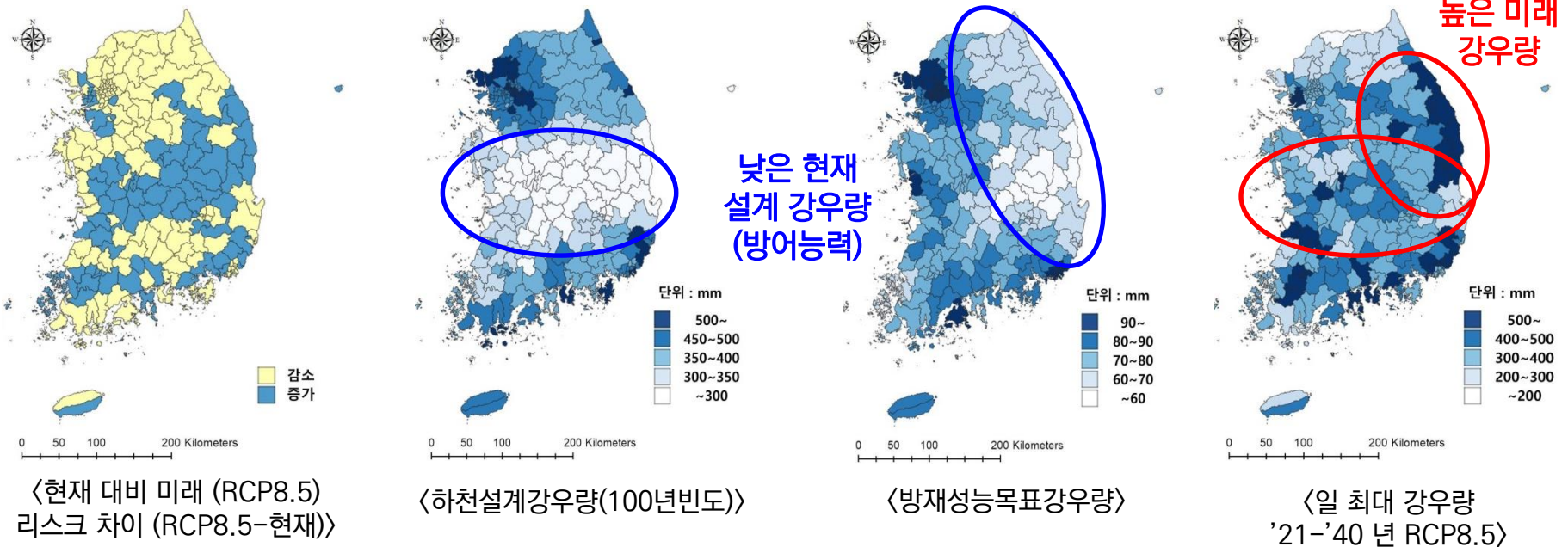
〈미래연도 '21-'40년, RCP 4.5〉



〈미래연도 '21-'40년, RCP 8.5〉

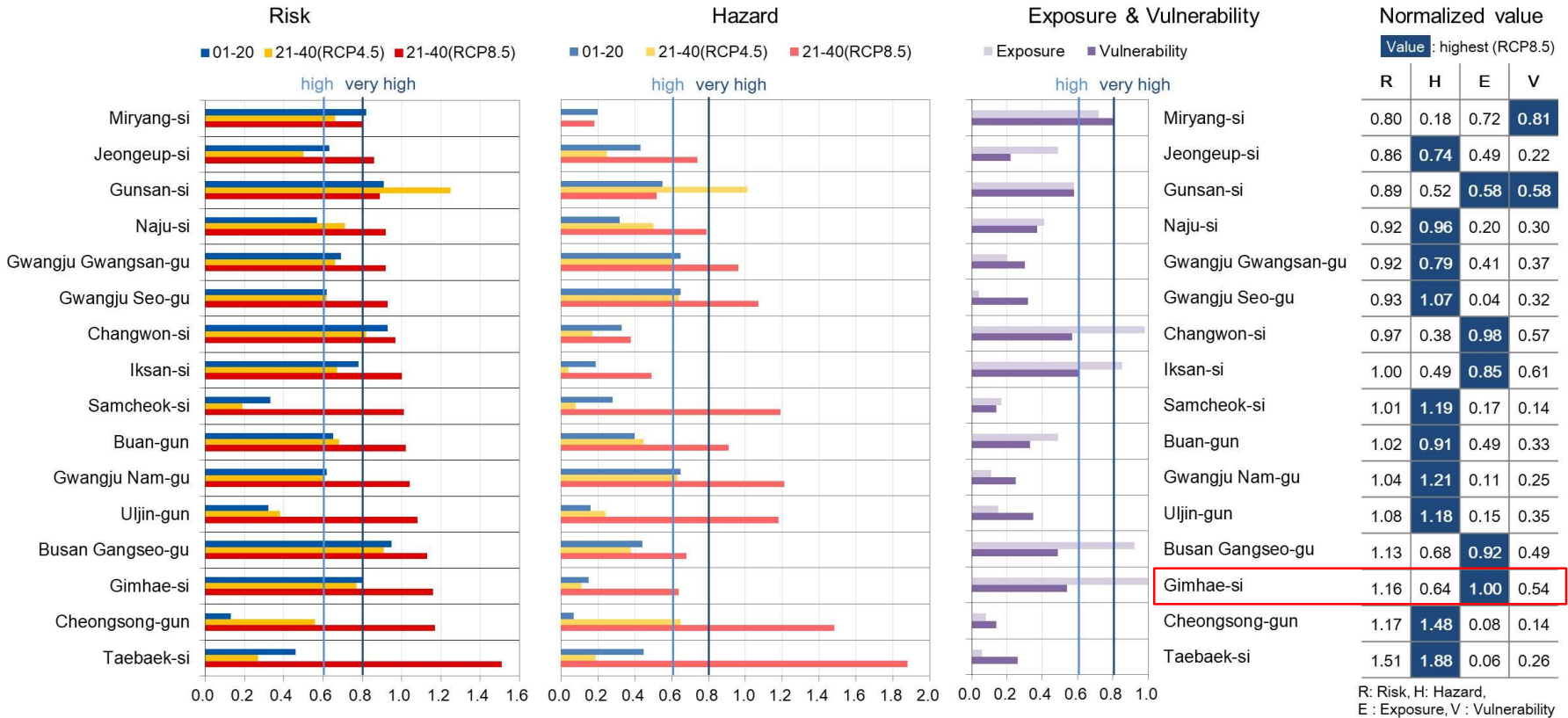
미래 홍수 리스크 증가 지역 분석

- 중부, 동부 지역의 하천, 도시, 소하천 설계강우량은 낮으나 미래 일 최대 강우량의 증가 폭이 커 리스크가 높음
 - 중부 지역의 과거 일 강우량이 낮아 설계강우량* 또한 낮게 설계되어 하천 홍수방어능력이 상대적으로 낮음
 - * 하천설계를 위해 활용되는 강우량으로서 해당 강우량 이상의 강우량 발생시 홍수 발생 가능성이 높음
 - 동부 지역의 과거 1시간 강우량*이 낮아 설계강우량 또한 낮게 설계되어 도시, 소하천 홍수방어능력이 상대적으로 낮음
 - * 도시, 소하천 방재시설 설계에 활용되는 강우량으로서 해당 강우량 이상의 강우량 발생시 침수 발생 가능성이 높음



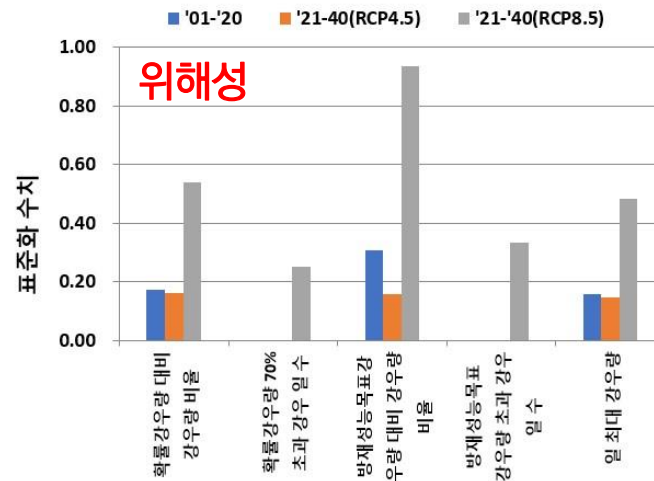
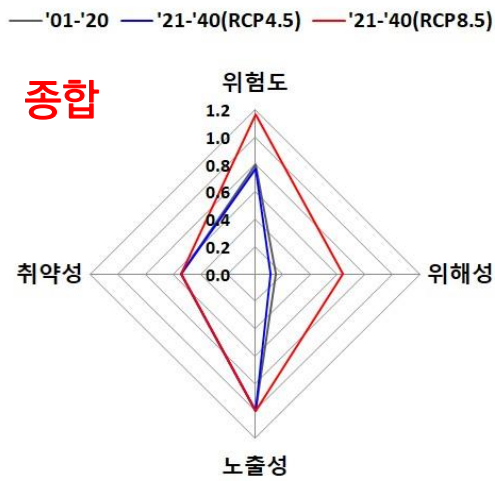
고 위험 행정구역의 포괄적 홍수 원인 분석

지표	행정구역 수 (비율)	원인
위해성	10 (63%)	미래 전망 강우량과 비교하여 하천 및 도시의 설계강우량이 적음 (기준 상향 필요)
노출성	4 (25%)	하천 인근 저지대에 건축물, 도로, 농경지, 인구가 집중
취약성	2 (12%)	제방 미 축조, 하수관로 노후화 등 홍수방어를 위한 대책 부족

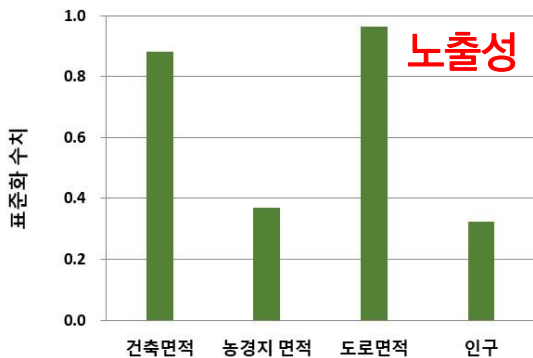


고 위험 행정구역의 상세 홍수 원인 분석

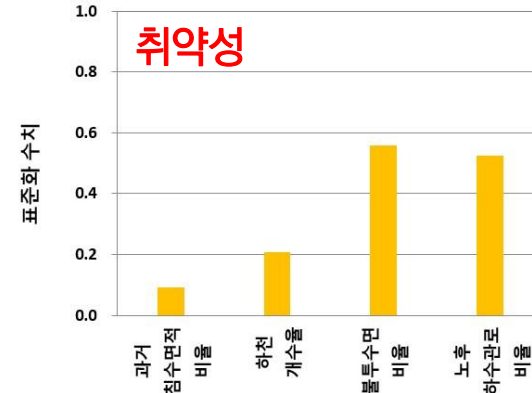
- 김해시는 기준연도의 리스크가 높을 뿐만 아니라 미래(RCP8.5)의 리스크 또한 높게 나타남
- 리스크 증가의 주 요인 ① 하천 및 도시 설계 강수량 이상의 강우 발생, ② 저지대에 밀집된 건축물, 도로, ③ 낮은 하천개수율, 높은 노후 하수관로 비율



세부지표	기준 (mm/d)	01-20	21-40 (4.5)	21-40 (8.5)
100년 빈도 대비 강우 비율	270 mm/d	0.61	0.59	1.13 (35mm)
100년 빈도 강우 70% 초과 일수	-	0	0	1
방재성능목표 대비 강우 비율	62.9 mm/hr	0.79	0.67	1.27 (17mm/hr)
방재성능목표 강우 초과 일수	-	0	0	1
연 최대 강우량	-	235 mm	229 mm	436 mm

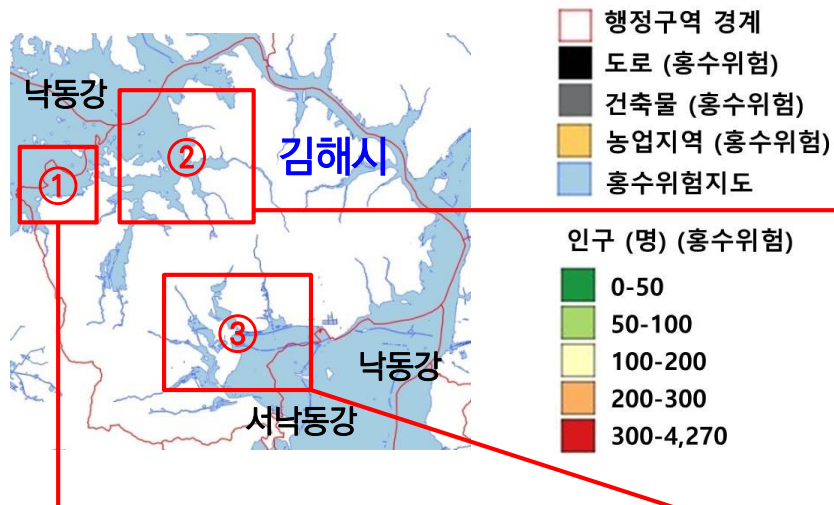


- 건축 면적 393ha
- 농경지 면적 5,705ha
- 도로 면적 762ha
- 인구 84,962명

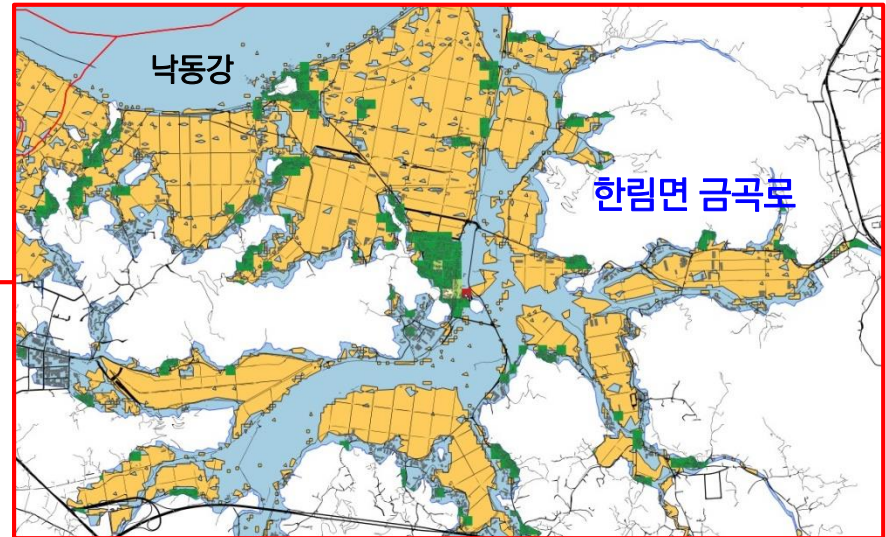


- 과거 침수 면적 비율 0.64% (797,953㎡)
- 하천 개수율 48%
- 불투수면 비율 18%
- 노후하수 관로 비율 51%

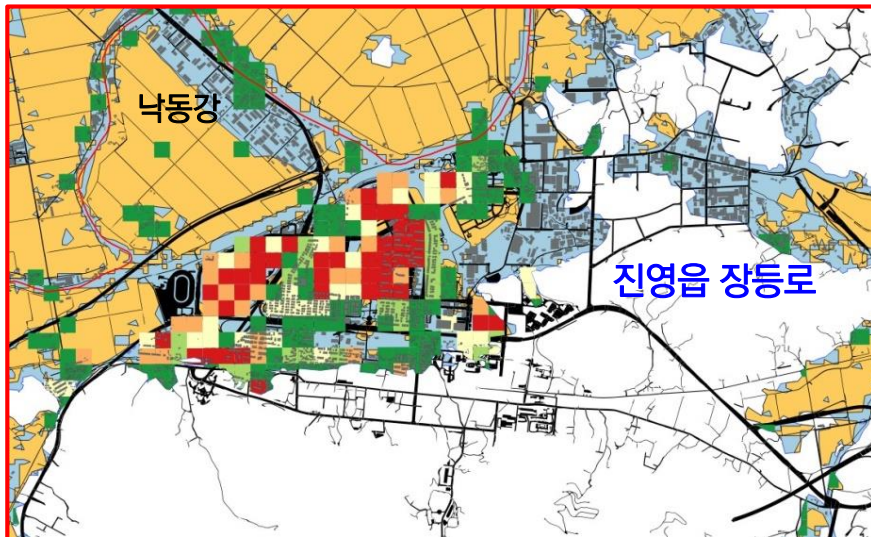
고해상도 격자 단위 홍수 위험 지역 시범 분석 (예시 : 김해시)



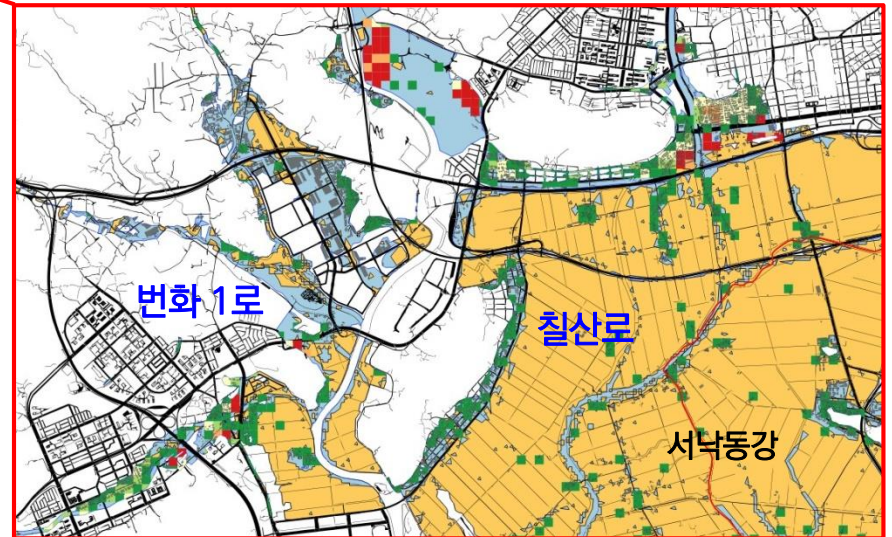
② 농업 밀집 지역



① 인구, 도로, 건축물 밀집 지역



③ 복합 지역



감사합니다

연락처

정휘철 선임연구위원 (044-415-7813, hchjung@kei.re.kr)

