

최근 기후변화의 과학적 의미와 산업계에 미치는 영향

Transforming Our World,
세계의 대전환,

Navigating Toward a Better Future
더 나은 미래를 향한 항해

이 준 이



부산대학교
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

부산대학교 기후과학연구소 & IBS 기후물리연구단
IPCC AR6 WGI 총괄주저자 & 종합보고서 핵심저자



IBS Center
for Climate Physics

시작하며

- 세 가지 2030년 글로벌 공동 목표 달성 요원한 상황

2030년, 인류의 중요한 분기점

현재

파리협정
채택(COP21)



2015

적응·완화·금융

COP27
이집트



2021

2022

2023

2028

2030 국가
온실가스
감축 목표 (NDC)

2030

탄소중립
장기목표

2050

SENDAI FRAMEWORK
FOR DISASTER RISK REDUCTION 2015-2030

센다이 프레임
워크 결의

2030년까지
재난에 의한 인명 및
사회경제적 피해 감소
& 재난위험저감 위한
전략, 국제협력, 복합
재난 조기경보시스템
강화

UN 지속가능
발전목표 결의

2030년까지
빈곤 종식,
지구 보호,
인류 평화와 번영

교토의정서 체제

신기후 체제

첫번째
전지구
이행점검
(Global Stocktake)
2023년 12월

두번째
전지구
이행점검

UN 지속가능발전목표 달성



센다이 프레임워크 달성



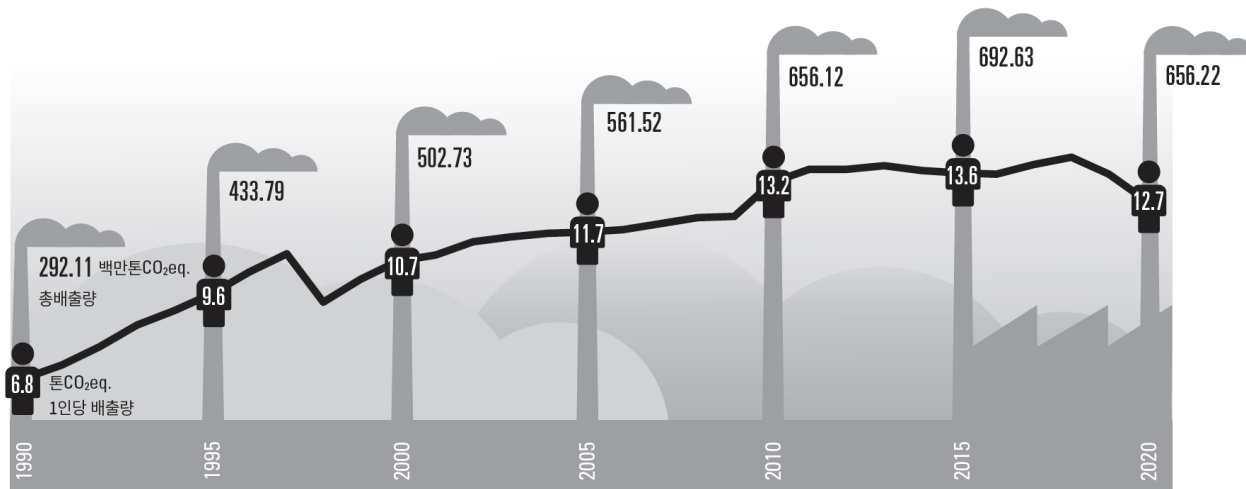
2023년 우리나라 지속가능발전목표(SDG) 이행현황

기후변화 대응 관련 SDG 달성이 매우 어려운 상황. 산림면적과 적색목록지수는 2000년 이래 지속적으로 감소해 생물다양성이 위협받고 있으며, 탄소중립선언에도 온실가스 감축속도가 더디며, 한국 신재생에너지 공급비중은 4.7%로 저조한 상황 (한국의 SDG 이행보고서 2023)



13 기후변화 대응

국가 온실가스 연간 총배출량 · 1인당 연간 배출량

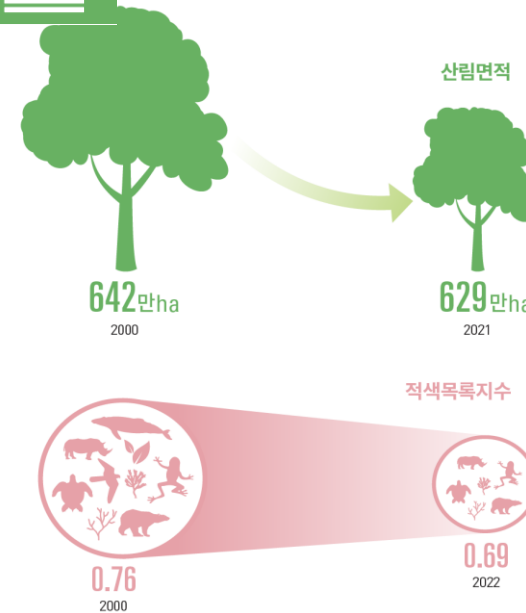


2021년: 679.60 백만톤 CO₂eq (2020년 대비 3.5% 증가)



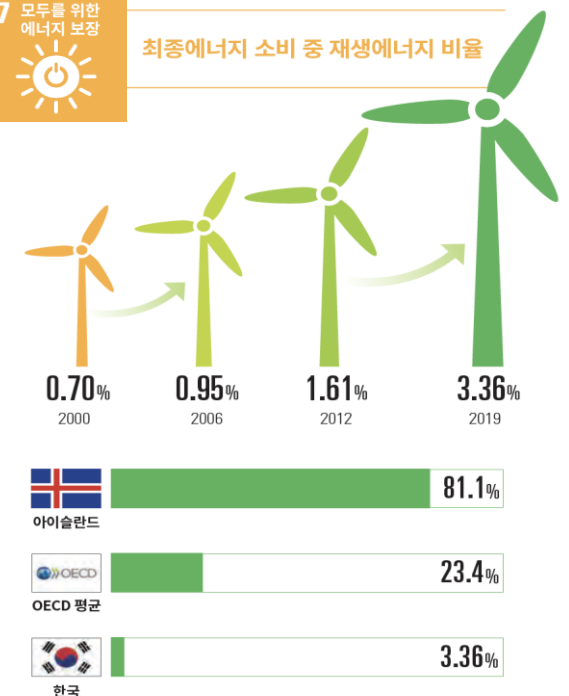
15 육상생태계 보호

산림면적 · 적색목록지수 추이



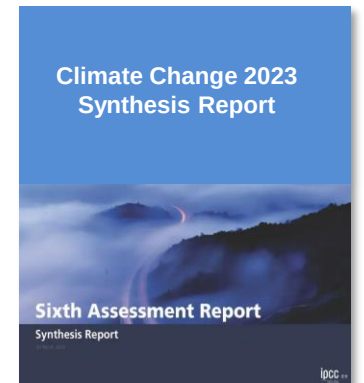
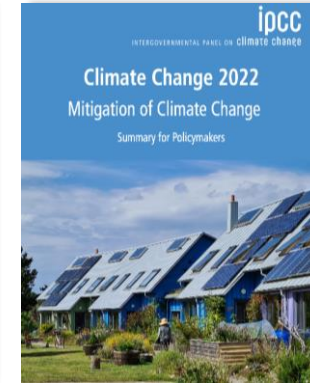
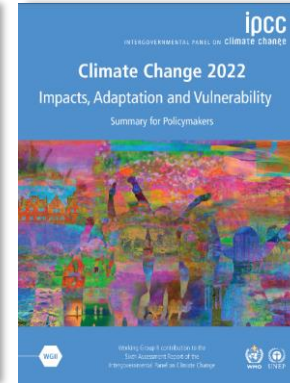
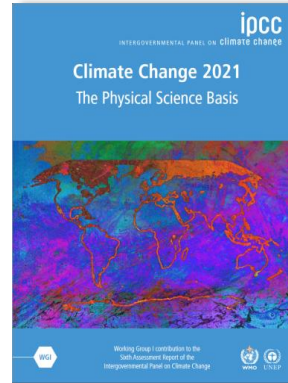
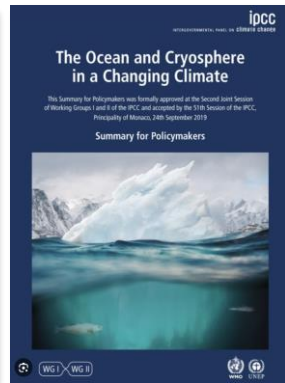
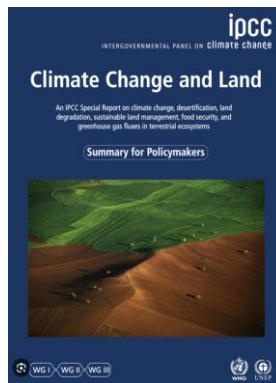
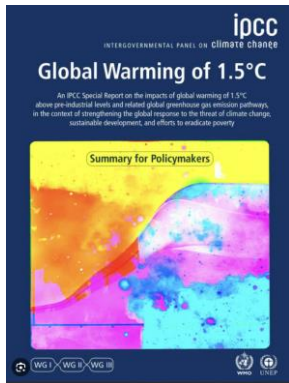
7 모두를 위한 에너지 보장

최종에너지 소비 중 재생에너지 비율



Part I: 최근 기후변화의 과학적 의미

- IPCC 6차 평가보고서(AR6) 평가 결과를 중심으로

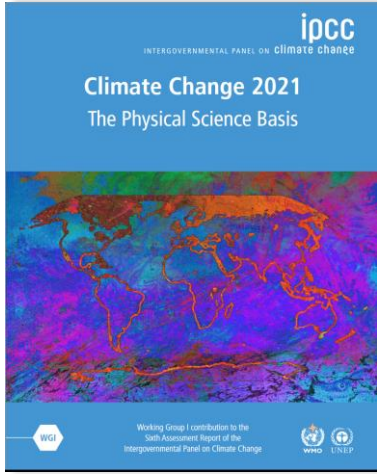


특별보고서

실무그룹 보고서

종합보고서

실무그룹 보고서 핵심 메시지



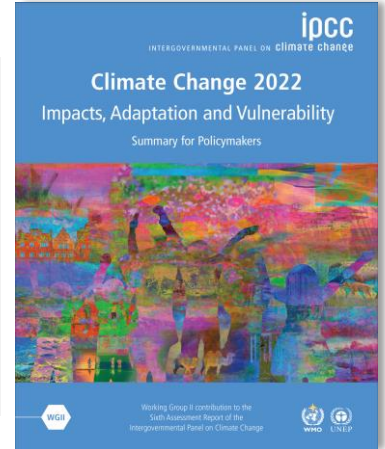
최근 **기후변화**는 과거 수천 년 혹은 수십만 년 이래 **전례 없던 수준**으로 광범위하고, 심화되고 있으며, 가속화되고 있다.

인간활동이 기후변화를 일으키고 폭염, 폭우, 가뭄 등 **극한 기상·기후 현상**을 더욱 빈번하고 심각하게 만든다는 데는 논쟁의 여지가 없다.

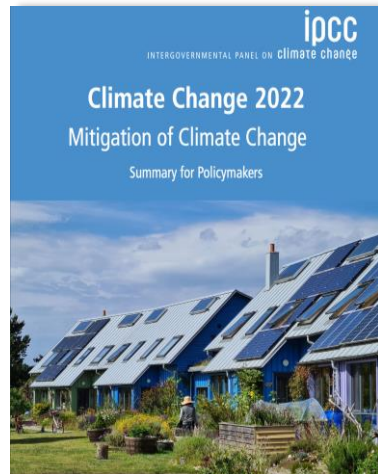
IPCC 6차평가보고서 제1실무그룹 (2021)

기후변화가 인류의 복지와 지구의 건강을 위협하고 있다는 것에 대한 **과학적 증거**는 명백하다.

공동의 글로벌 행동이 더 이상 지연되면 살기 좋은 미래를 보장하기 위한 **기회의 창**이 빠르게 닫힐 것이다.



IPCC 6차평가보고서 제2실무그룹 (2022)



현재 우리의 경로는 **1.5°C**뿐만 아니라 **2°C** 온도 제한 목표 경로와도 크게 벗어나 있다.

즉각적인 온실가스 감축 없이는 **1.5°C** 온도 제한 목표 달성은 어렵다.

감축 실현가능성은 기술적·지구물리학적 요인보다 **제도적·경제적** 요인에 더 크게 의존한다.

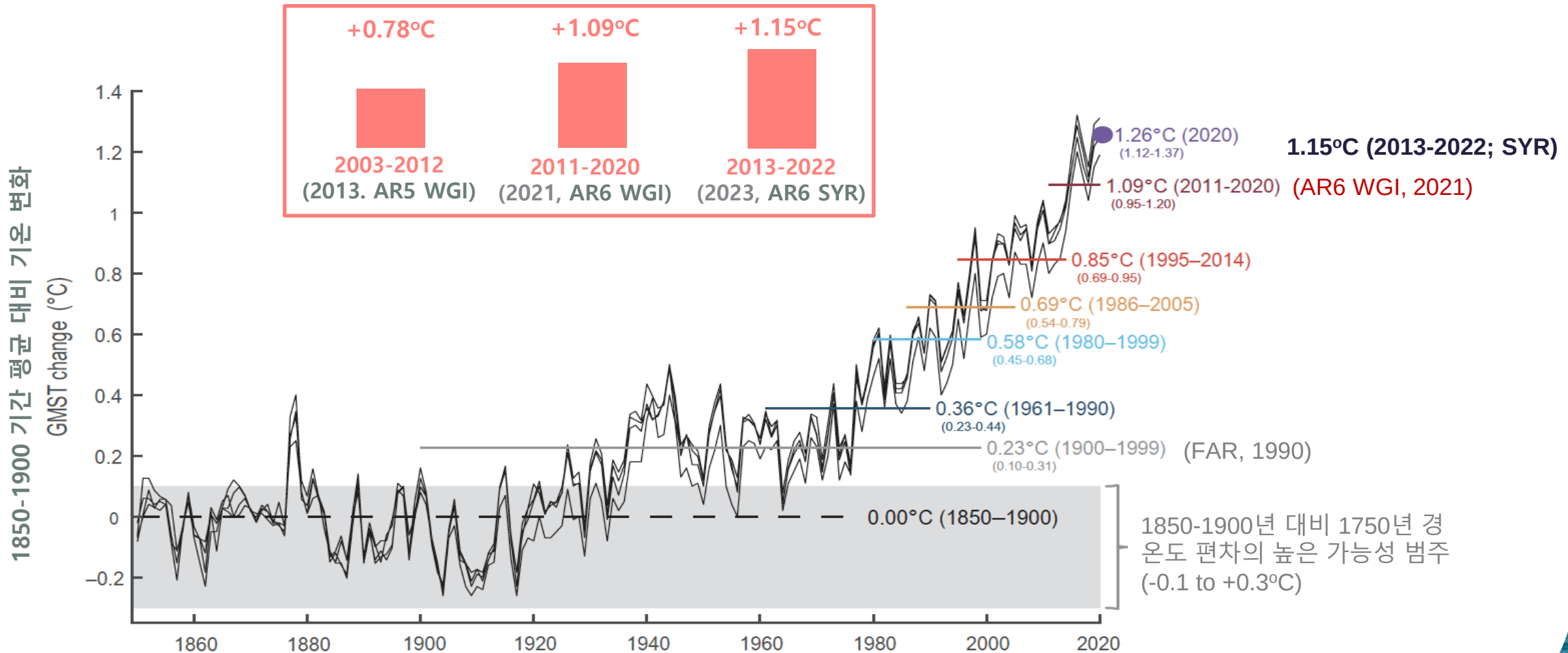
IPCC 6차평가보고서 제3실무그룹 (2022)

“현재 추세는 지속 가능하고 공평한 세계와 양립할 수 없다”

100년 이상 **화석 연료 사용**뿐만 아니라 **불평등하고 지속 불가능한 에너지와 토지 이용**으로 인해 **지구온난화가 1.15°C** (1850-1900년 대비 2013-2022년 평균 상승)에 달했으며, 그 결과 극한 기상·기후 현상이 더 빈번하고 더 강렬하게 발생하고 있다. 이미 인위적 지구온난화에 의한 기후변화는 전 세계 모든 지역의 자연과 사람들에게 위험한 영향을 미치고 있다.

1.15°C 지구온난화 도달, 1.5°C에 근접

1850-1900년 기간 대비 연평균 지구 표면기온 상승



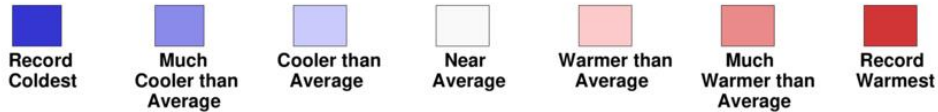
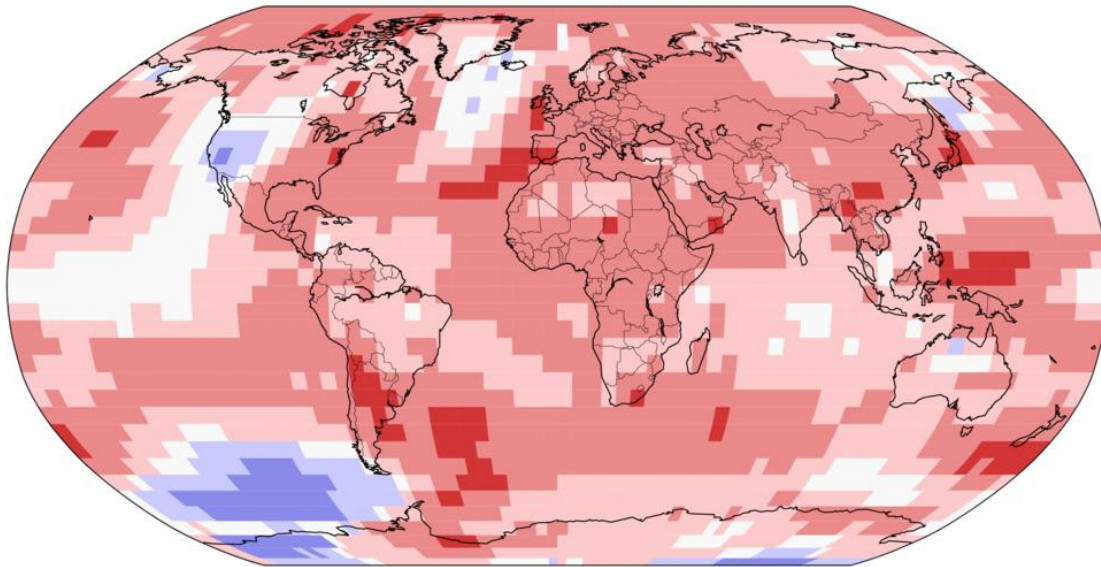
개별 해 1.5°C 온도 상승 확률 증가

올해 이미 전 지구적인 고온 극한 현상 빈번

Land & Ocean Temperature Percentiles Jan–Apr 2023

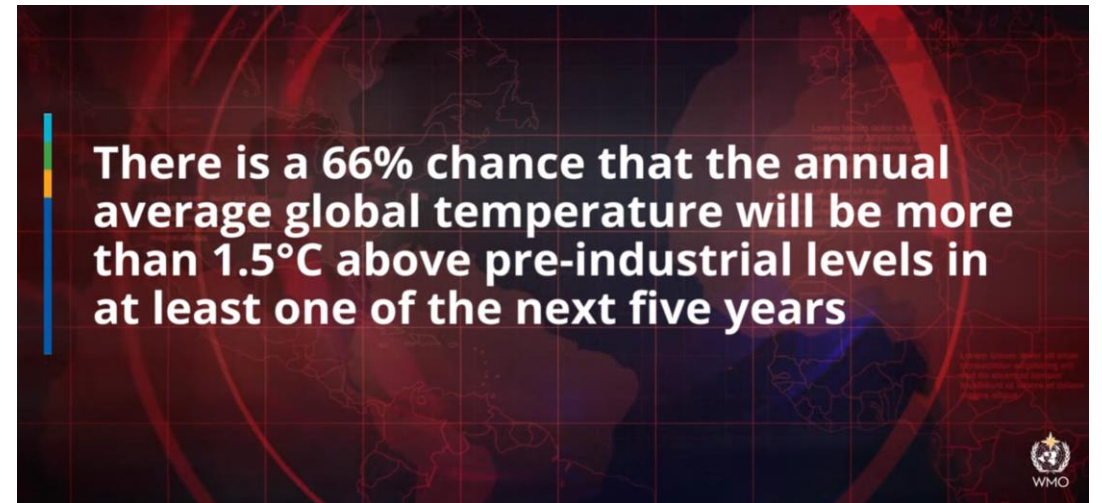
NOAA's National Centers for Environmental Information

Data Source: NOAA GlobalTemp v5.1.0–20230508



출처: 미국 NOAA

WMO 2023-2027 기후전망 보고서 2023년 5월 18일 발표



앞으로 5년 이내 개별해 온도 상승이 1.5°C에
달할 확률 66%

만약 엘니뇨가 발달하면 내년 가장 더운 해가
될 가능성 높아

출처: WMO

기후변화 영향, 손실 및 피해는 이미 상당한 수준

인간활동에 의한 물리적 기후변화가 점차 심화되고 있다

인간활동의 영향

중간 신뢰도



농업 및
생태 가뭄
증가



산불
날씨 증가



복합
홍수 증가

높은 가능성



집중
호우 증가

매우 높은 가능성



대륙
빙하 감소



전지구
해수면
상승

거의 확실



상층
해양
산성화



폭염
증가

기후변화로 인한 영향과 관련 손실 및 피해가 광범위해지고 심화되고 있다

물 가용성 및 식량 생산량



실제
물
가용성



농업/
곡물
생산



동물 및
가축 건강
및 생산성



어업량
및 양식
생산량

건강과 복지



감염성
질환



더위,
영양실조,
산불 피해



정신
건강



이주

도시, 정착지 및 인프라



내륙
홍수
및 관련
피해



해안지역
홍수/폭풍
피해



인프라
피해



주요 경제
부문에 대
한 피해

생물 다양성과 생태계



육상
생태계



담수
생태계



해양
생태계

생태계 구조, 종 범위 및 계절적 시기 변화 포함

Key

Observed increase in climate impacts to human systems and ecosystems assessed at global level



Adverse impacts



Adverse and positive impacts



Climate-driven changes observed, no global assessment of impact direction

Confidence in attribution to climate change

••• High or very high confidence

•• Medium confidence

• Low confidence

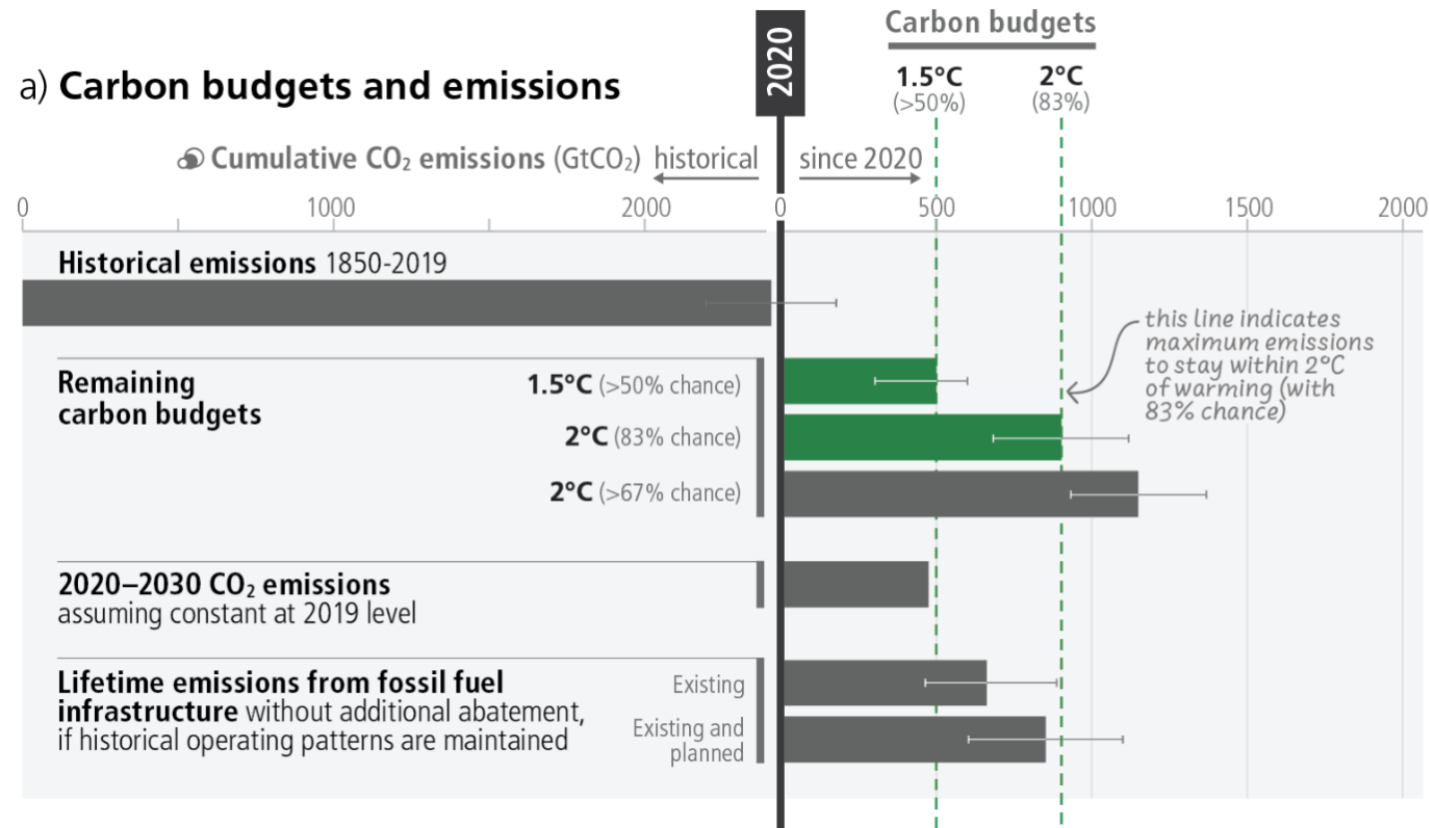
“지금까지 진행된 작업의 속도와 규모, 그리고 현재 정책으로는 기후변화에 대처하기에 충분하지 않다”

기후 위험을 줄이기 위한 대응에 일부 진전이 있었으나, 현재 이미 직면한 그리고 미래에 직면할 위험 및 엄청난 위협에 대한 준비가 부족하다. 일부 생태계와 지역은 이미 적응 능력의 한계에 도달했다. 온실가스 배출량을 줄이기 위한 우리의 노력도 충분하지 않으며, 2030년 전반부에 지구온난화는 1.5°C에 도달할 것으로 전망된다.

1.5°C 잔여탄소예산 계속 줄고 있어

온난화를 1.5°C로 제한하기 위해 남은 잔여탄소예산은 곧 고갈될 것이며,
2°C를 위한 예산도 대부분 고갈될 것이다

잔여탄소예산은 추가 감축이 없으면 기존 및 이미 계획된 화석연료 인프라의 사용으로 인한 배출량과 유사하다.



갱신된 2023년부터 잔여탄소예산 (Forster et al., 2023) - 1.5°C (>50%): 300 GtCO₂
2°C (83%): 800 GtCO₂

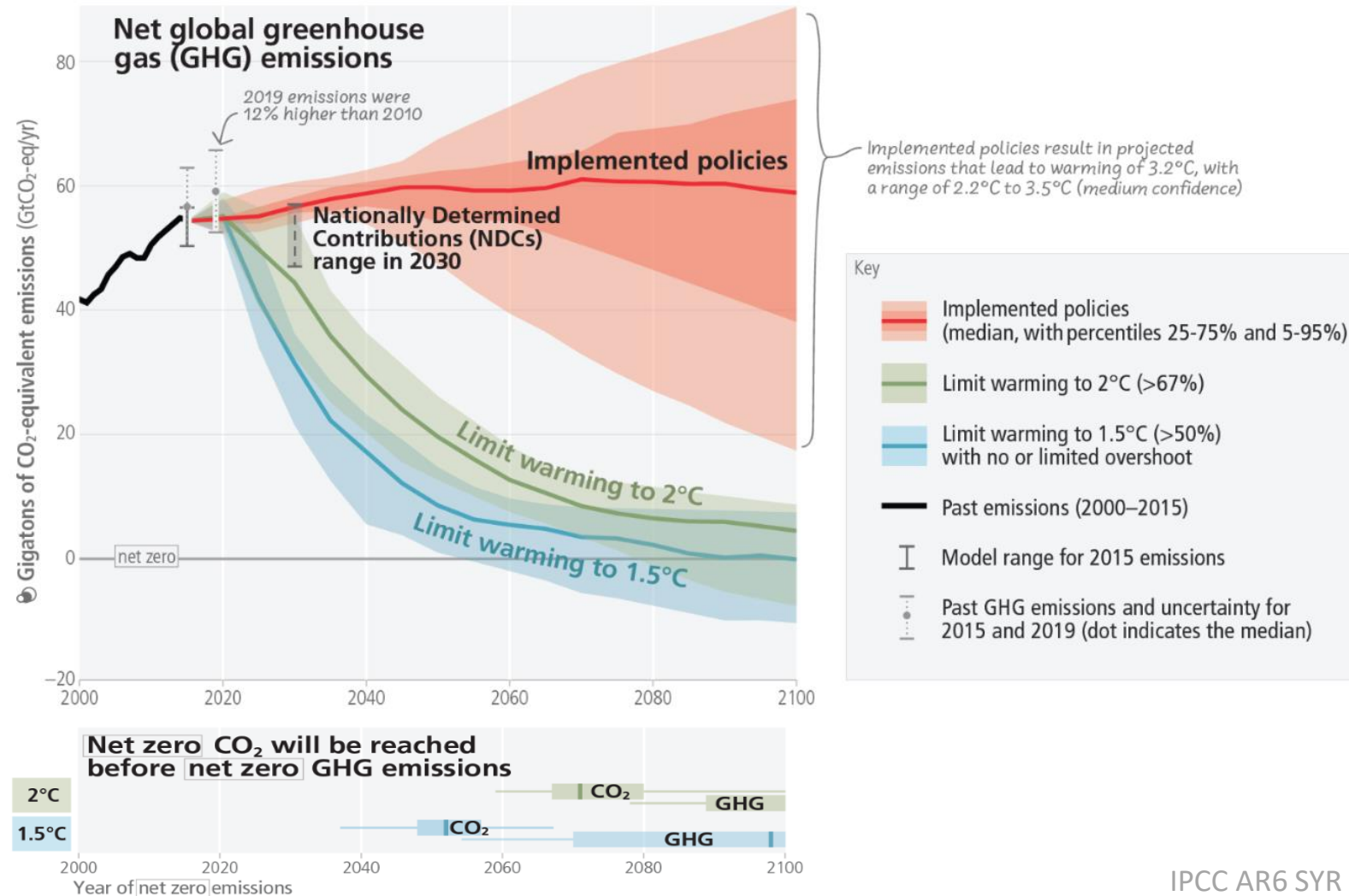
아직 기회의 창은 열려있다

지금 당장 **효과적이고 공평한 기후행동**을
주류화하면 자연과 인류의 손실과 피해를
줄일 수 있다.

기후행동은 다른 목표들과 공동 편익이 있다

온실가스 배출을 줄이고
인간이 초래한 기후변화에 적응하기 위한
실행가능하고 효과적인 방안들이 존재한다.

지구온난화를 **1.5°C** 및 **2°C**로 제한하기 위해서는 온실가스 배출을 즉각적으로, 대규모로, 신속하게 줄여나가야 한다



Part II: 2030년까지 우리의 대응이 매우 중요

- 산업계 및 각 부문의 대응 방안은?

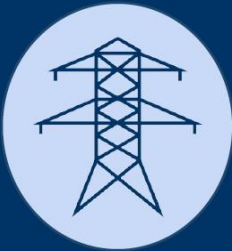
모든 부문에서 강력한 완화 방안 존재

There are options available **now** in every sector that can at least **halve** emissions by 2030

모든 부문에서 2030년까지 배출량을 최소 현재의 절반으로 줄일 수 있는 방안들이 존재



수요 및 서비스
Demand and services



Energy
에너지



Land use
토지이용



Industry
산업



Urban
도시



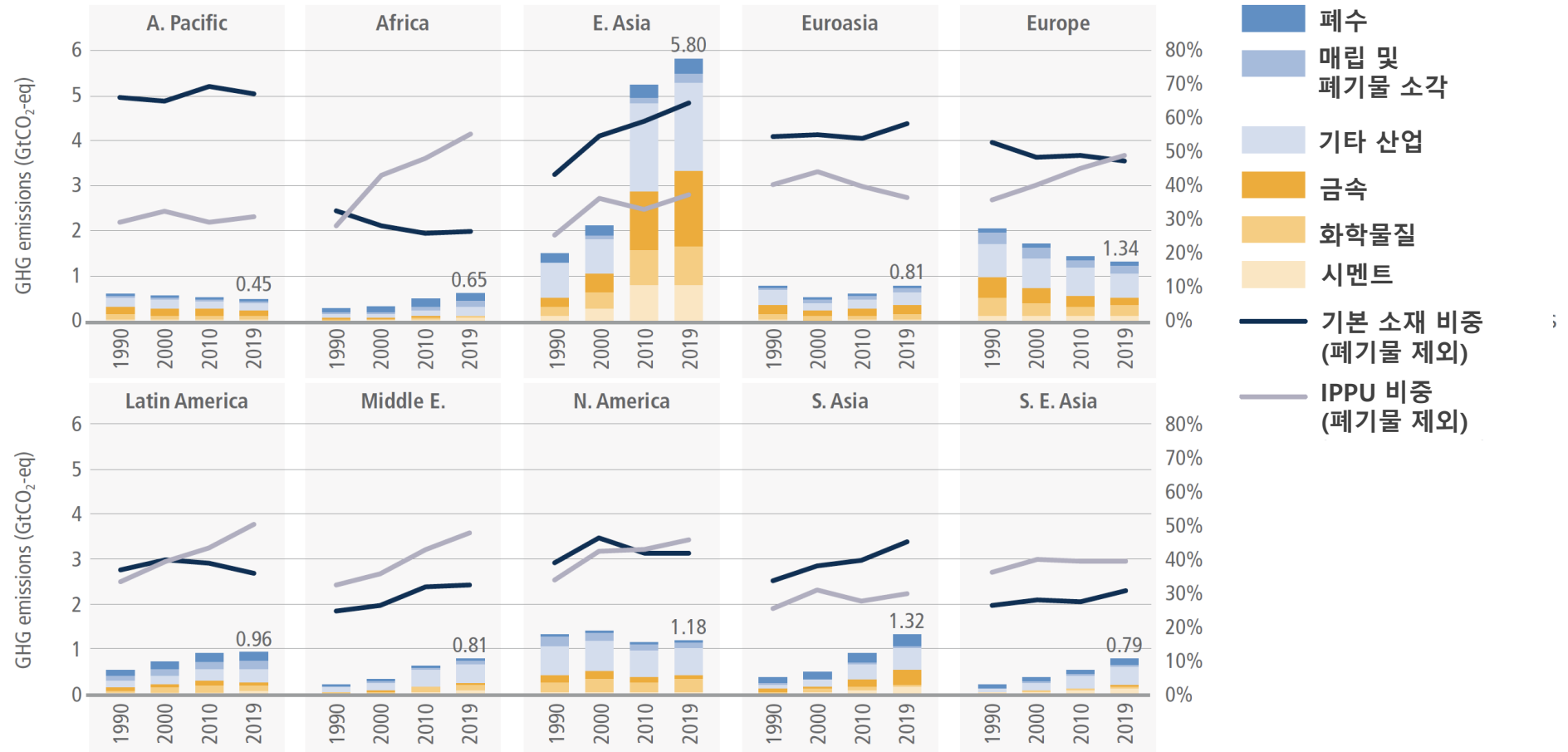
Buildings
건물



Transport
교통

산업 부문 배출 현황

산업 배출원별 배출량 및 전체 산업 배출량에서 산업 공정 및 제품 사용으로 인한 소재 및 배출량 비중



AR6 WGIII Figure 11.5

Sixth Assessment Report
WORKING GROUP III – MITIGATION OF CLIMATE CHANGE

산업 부문

- 자원을 보다 효율적으로 사용하고, 재사용하며, 재활용하고 폐기물을 최소화하는 것이 중요.
- 정책 및 관행에서 완화 방안이 과소 사용되고 있음
- 기초 자원/소재/재료의 경우 저 (혹은 제로) 온실가스 생산 공정이 파일럿 혹은 거의 상업 단계에 있음
- 탄소 중립에 도달하는 것은 매우 어려움



[Ahsanization/Unsplash, IMF Focus | Industry and Manufacturing CC BY-NC-ND 2.0, Rwanda Green Fund CC BY-ND 2.0, ILO/M. Fossat CC BY-NC-ND 2.0, Stephen Cornwell Pxhere.com]



Sixth Assessment Report

WORKING GROUP III – MITIGATION OF CLIMATE CHANGE

에너지

- 지구온난화 제한을 위해 에너지 부문 대전환 필요
- 화석 연료 사용을 크게 감소하고 탄소 포집 및 저장 사용
- 저 (혹은 무) 탄소 에너지 시스템으로 전환
- 광범위한 전기화 및 에너지 효율성 향상
- 재생에너지 및 대체 연료 (수소 및 지속 가능한 바이오 연료 등)



[Portland General Electric CC BY-ND 2.0, Harry Cunningham/Unsplash, Stéphane Bellerose/UNDP in Mauritius and Seychelles CC BY-NC 2.0, IMF Photo/Lisa Marie David, Tamara Merino CC BY-NC-ND 2.0]



Sixth Assessment Report WORKING GROUP III – MITIGATION OF CLIMATE CHANGE

기후금융: 투자 격차 해소

- 현재 기후 투자의 **3~6배**로 확대 필요하다.
- 기존 장벽이 줄어들면 격차를 해소하고 배출량을 빠르게 줄이기에 **충분한 글로벌 자본**이 있다.
- 정부는 공적 자금 지원과 투자자에 대한 명확한 신호를 통해 이런 장벽을 줄이는 데 핵심적인 역할을 해야 한다. 투자자, 중앙 은행 및 금융 규제 기관들의 역할도 중요하다.
- 재정 격차와 기회가 가장 큰 개발도상국에서 적응 대응을 위한 기후 금융 확대가 중요하다.



[Tobias/Unsplash, Rwanda Green Fund /CC BY-SA 2.0]



Sixth Assessment Report
WORKING GROUP III – MITIGATION OF CLIMATE CHANGE



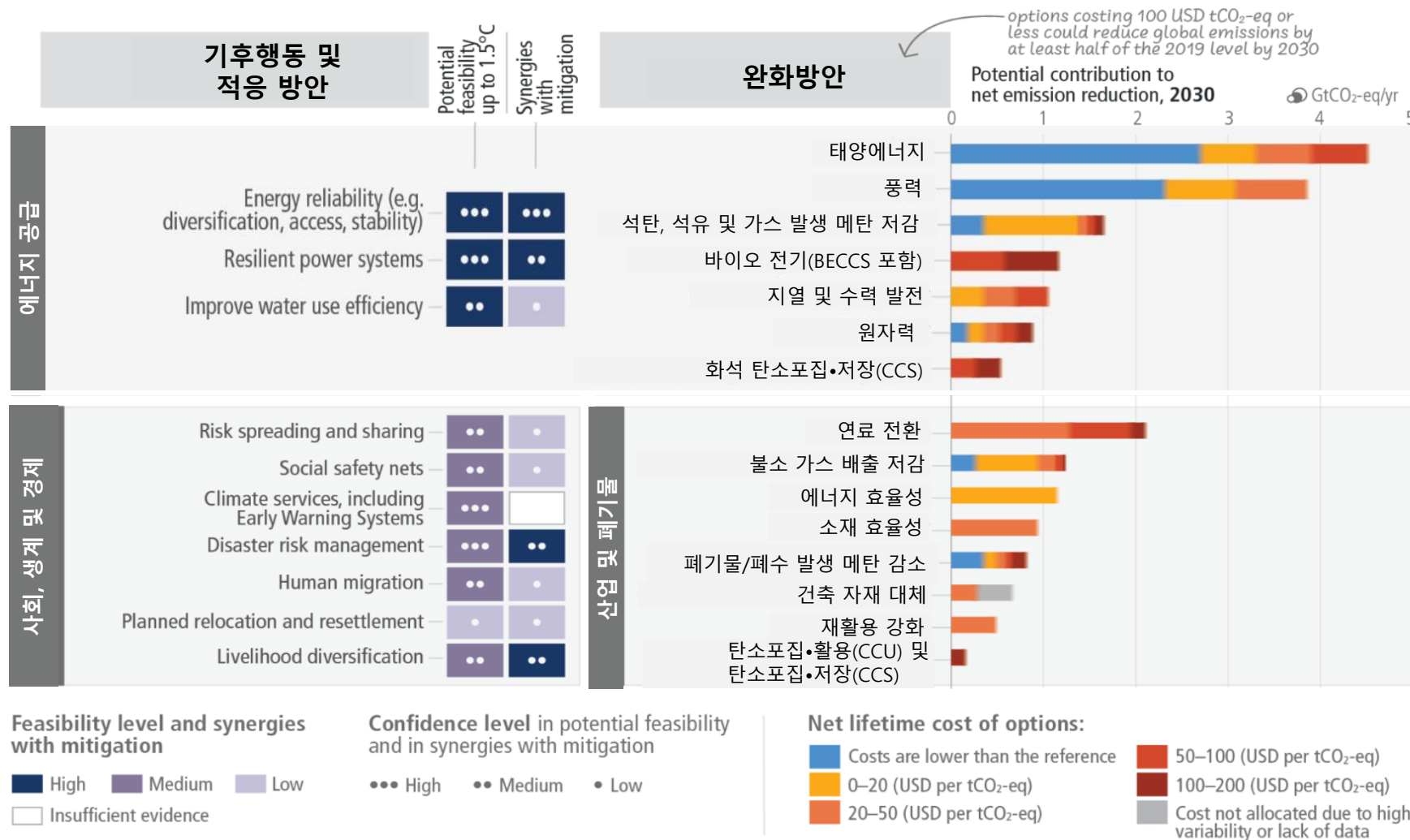
기술과 혁신

- 투자와 정책은 저배출 기술 혁신 견인
- 효과적인 의사 결정은 잠재적 이점, 장벽 및 위험을 종합적으로 평가 요구
- 일부 방안은 기술적으로 실행 가능하고, 빠르게 비용 효율적이 되며, 상대적으로 대중의 높은 지지를 받을 수 있음. 일부 방안은 장벽에 직면
- 저배출 기술의 적용은 최빈국과 대부분의 개발도상국에서 더 느리게 이루어지고 있음.

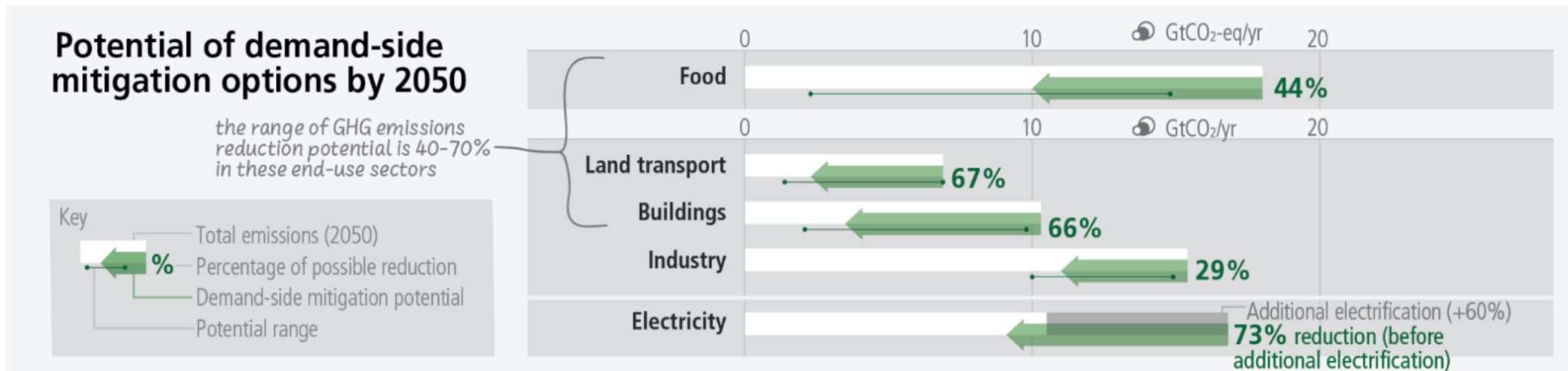


저비용에 실현 가능성 높은 여러 방안 존재

2030년까지 기후행동과 적응 방안의 실현 가능성 및 잠재적 완화 방안



2050년까지 수요 및 서비스 부문 완화 방안 잠재력

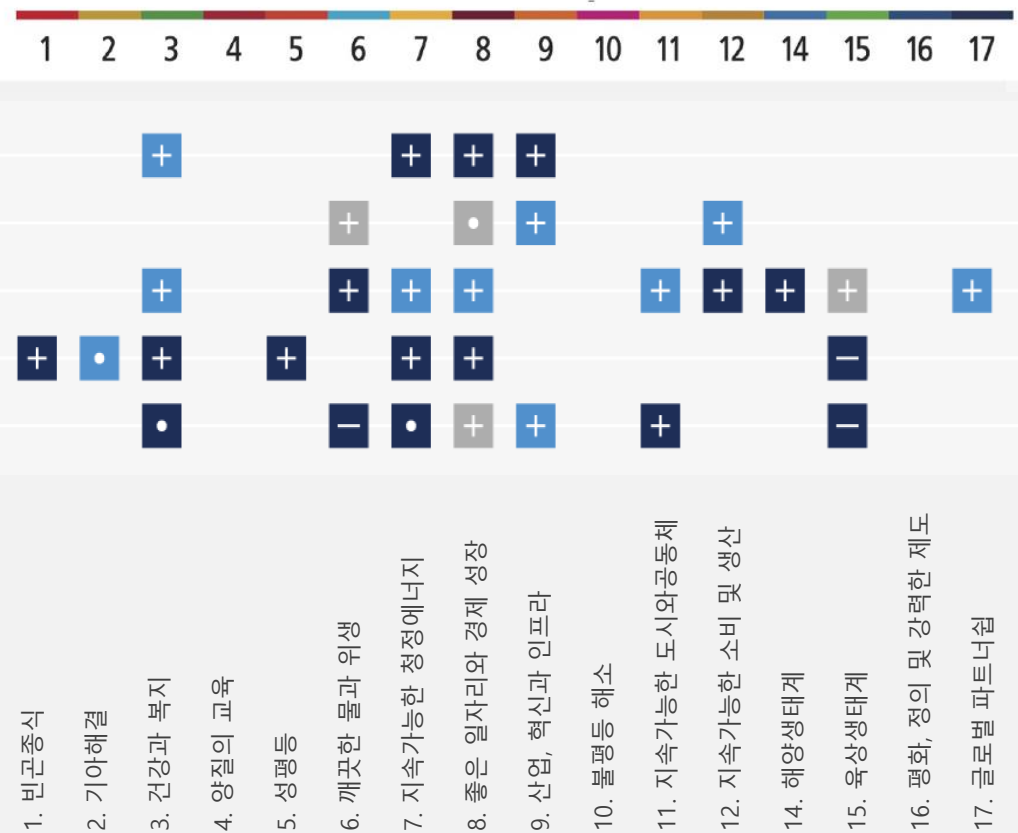


- 수요 및 서비스 부문은 2050년까지 전 세계 배출량을 **40~70%** 줄일 수 있는 잠재력
- **걸기 및 자전거 타기, 수송의 전기화, 항공 여행 줄이기, 주택 개조**가 큰 기여
- 생활 양식의 변화는 사회 전반에 걸친 체계적 변화 요구
- 일부 사람들은 복지를 위해 추가 주택, 에너지 및 자원 필요

산업 부문 완화 방안

- 에너지 효율 증가
- 자원 효율성 증가 및 수요 감소
- 순환 자원 흐름
- 전기화
- CCS 및 탄소포집·활용 (CCU)

UN 17개 지속가능발전목표(SDGs)와의 관계



기후행동이 늦춰질 수록 가능한 방안이 줄고 비용 증가

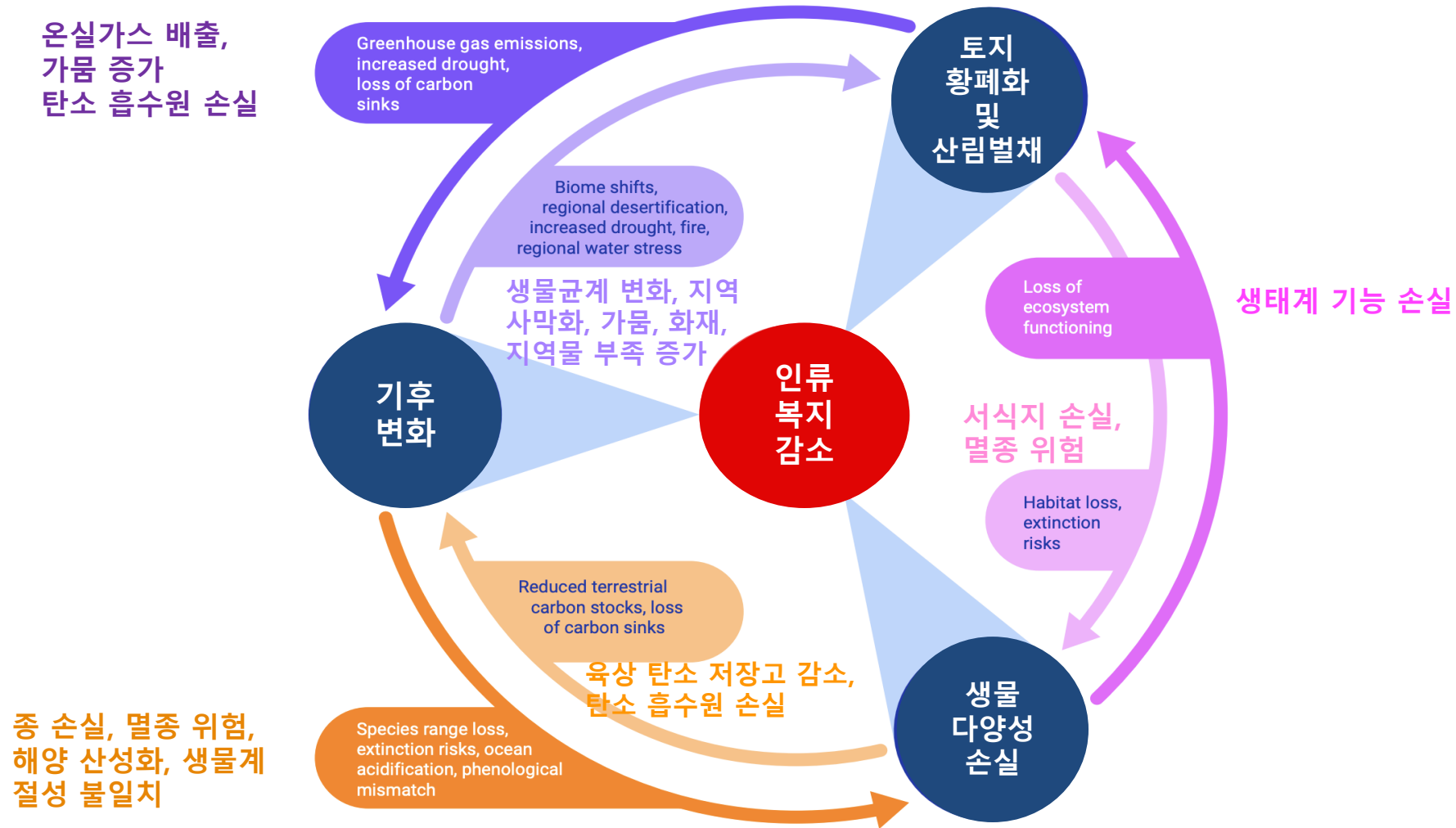


Figure 3.9: The interactions between climate change, land use and biodiversity.

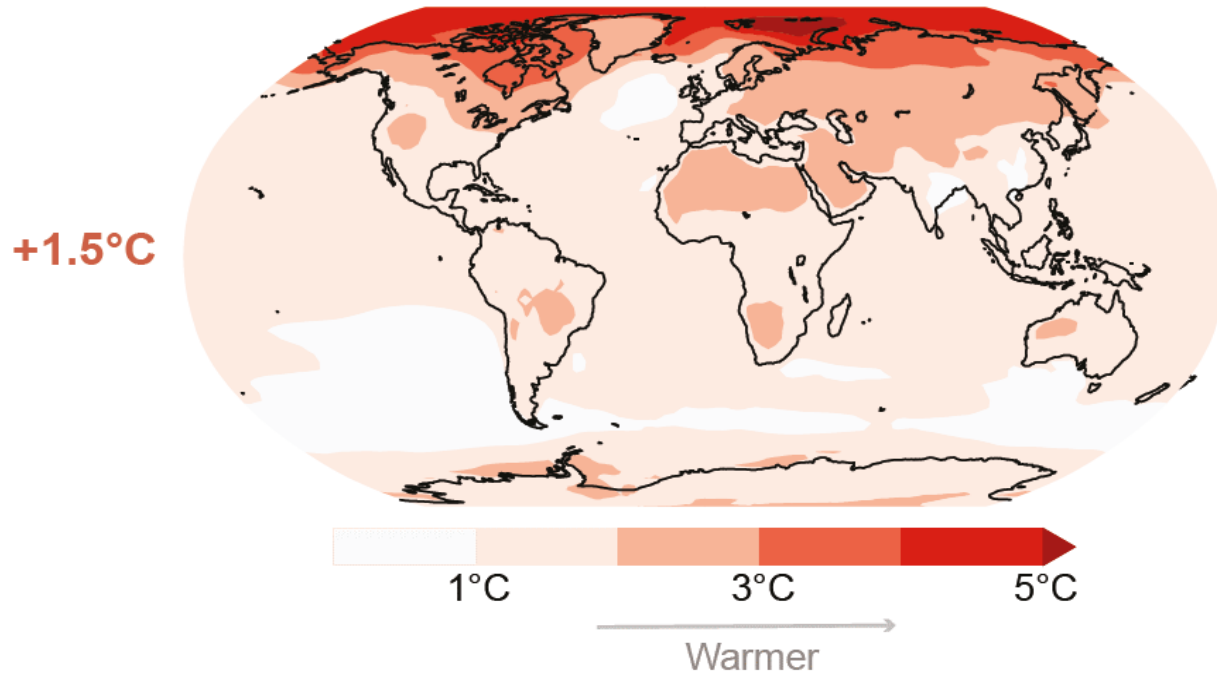
Part III: 완화와 적응을 위한 기후정보 향상 필요

- 단기 지역기후변화 정보의 중요성 증대
- 과학자, 기후정보 생산자, 이용자 간의 공동 생산 필요성 증대
 - 기후 기술 및 기후 산업의 발전 필요

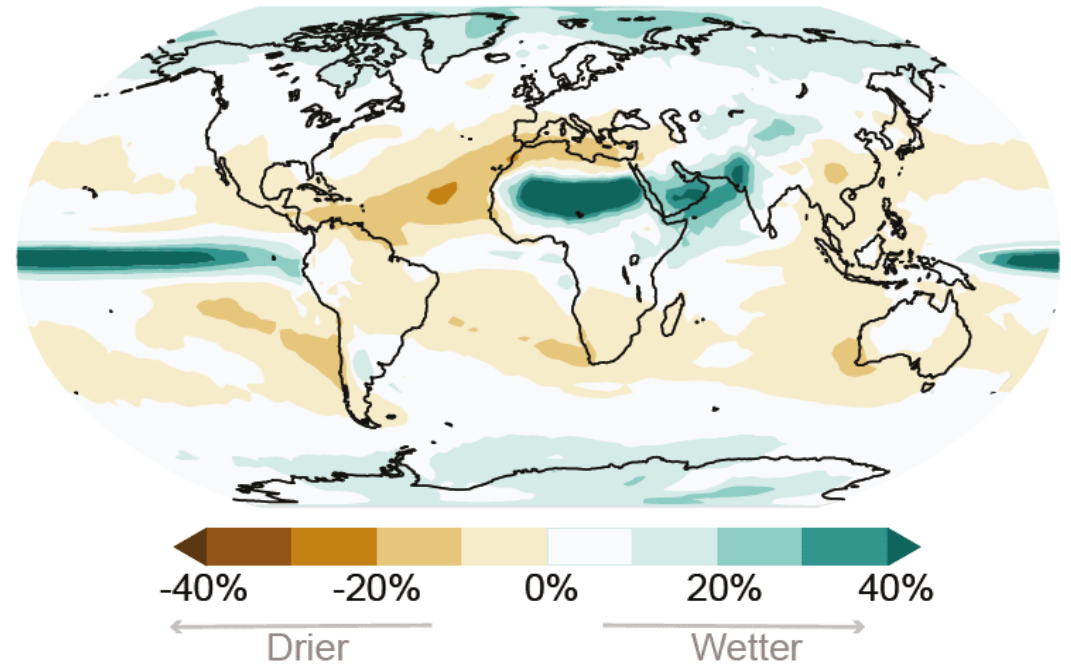
지역 기후변화 정보 향상 시급

기후변화는 지역적으로 큰 차이가 있음

Warming will be **stronger** in the Arctic, on land and in the Northern Hemisphere



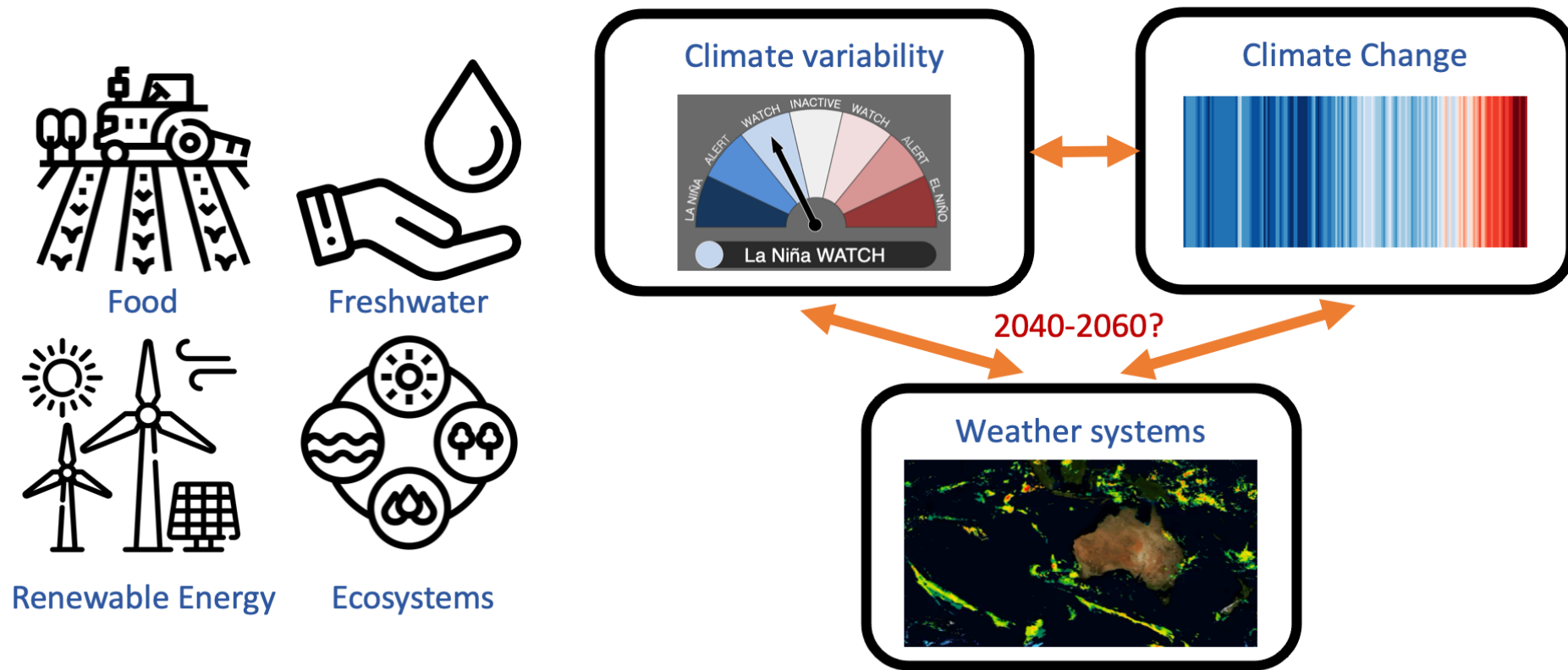
Precipitation will **increase** in high latitudes, the tropics and monsoon regions and **decrease** in the subtropics



완화 및 적응 정책을 위한 단기 미래 지역기후정보의 중요성 증가

탄소중립 구현을 위해서는 미래 기후변동성 및 날씨 패턴을 알아야 함.

하지만 우리의 현재 지식과 도구는 필요한 정보를 제공하기에 충분하지 않음



상세 기상 정보를 포함하는 장기 관측 시스템 구축 필요



Levizzani and Cattani, 2019

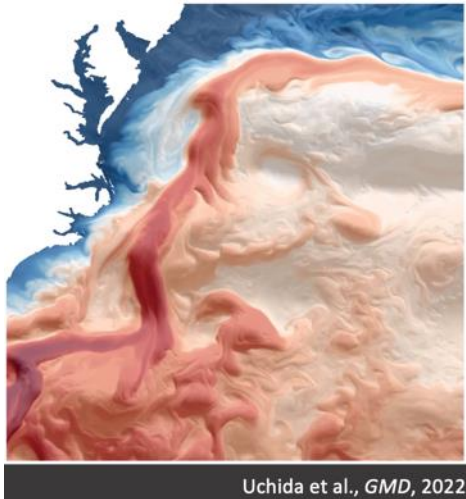


IOC GOOS

Source: WCRP

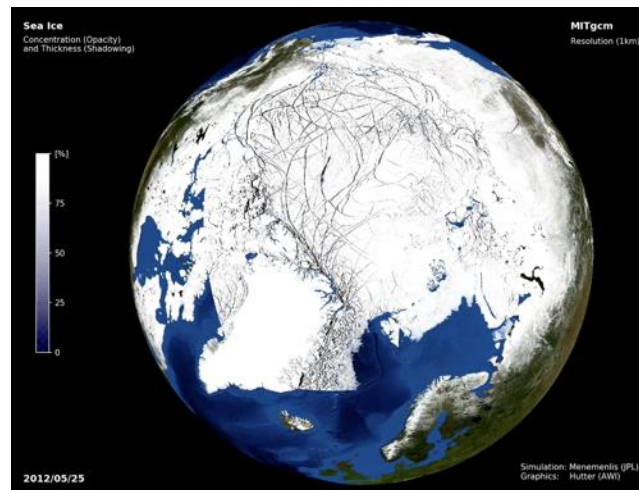
날씨 규모를 포함하는 km 해상도 전지구 기후 모델링 필요

Thunderstorms at 1 km



Uchida et al., GMD, 2022

Gulf stream at 1 km

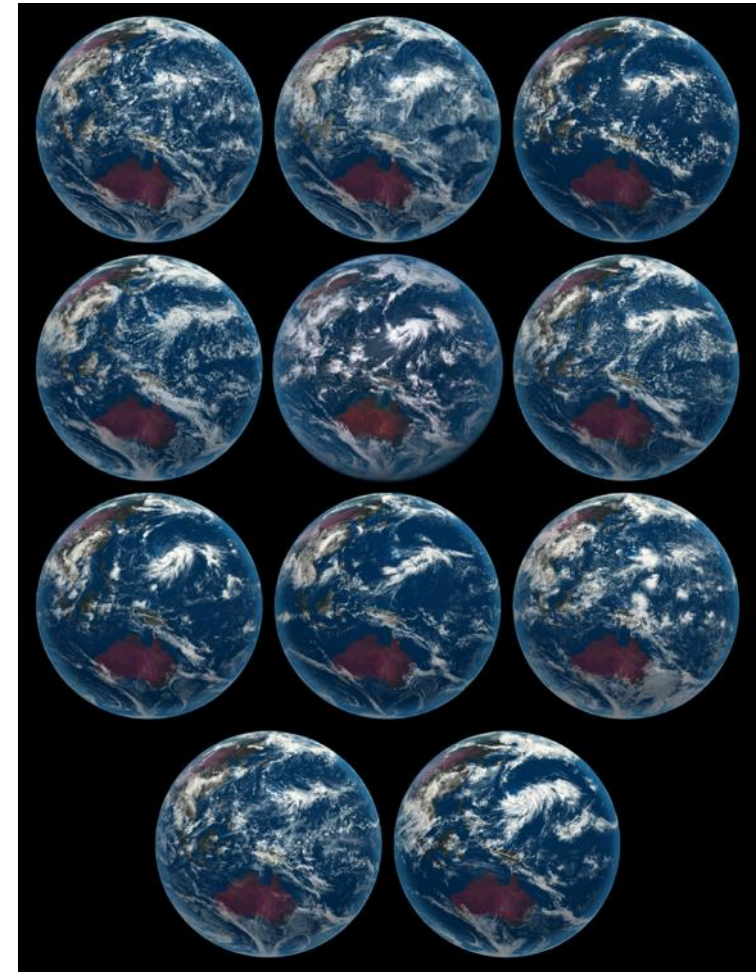


2012/05/25

Simulation: Meramantis (JPL)
Graphics: Putzer (JAXA)

Sea ice at 1 km

10 models - 1 observation

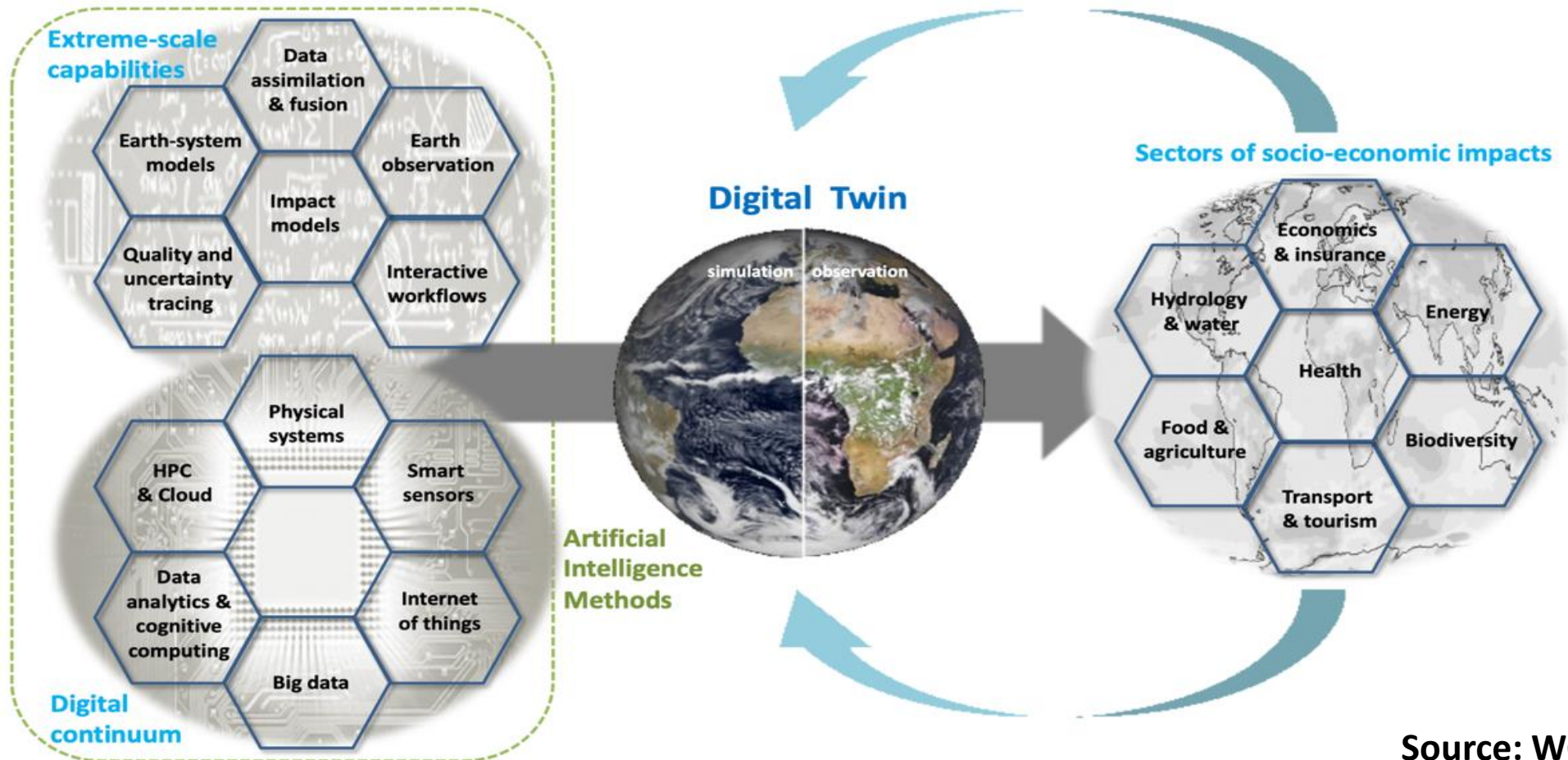


Source: WCRP

지구시스템 감시·예측·전망을 통합한 정보 생산 필요

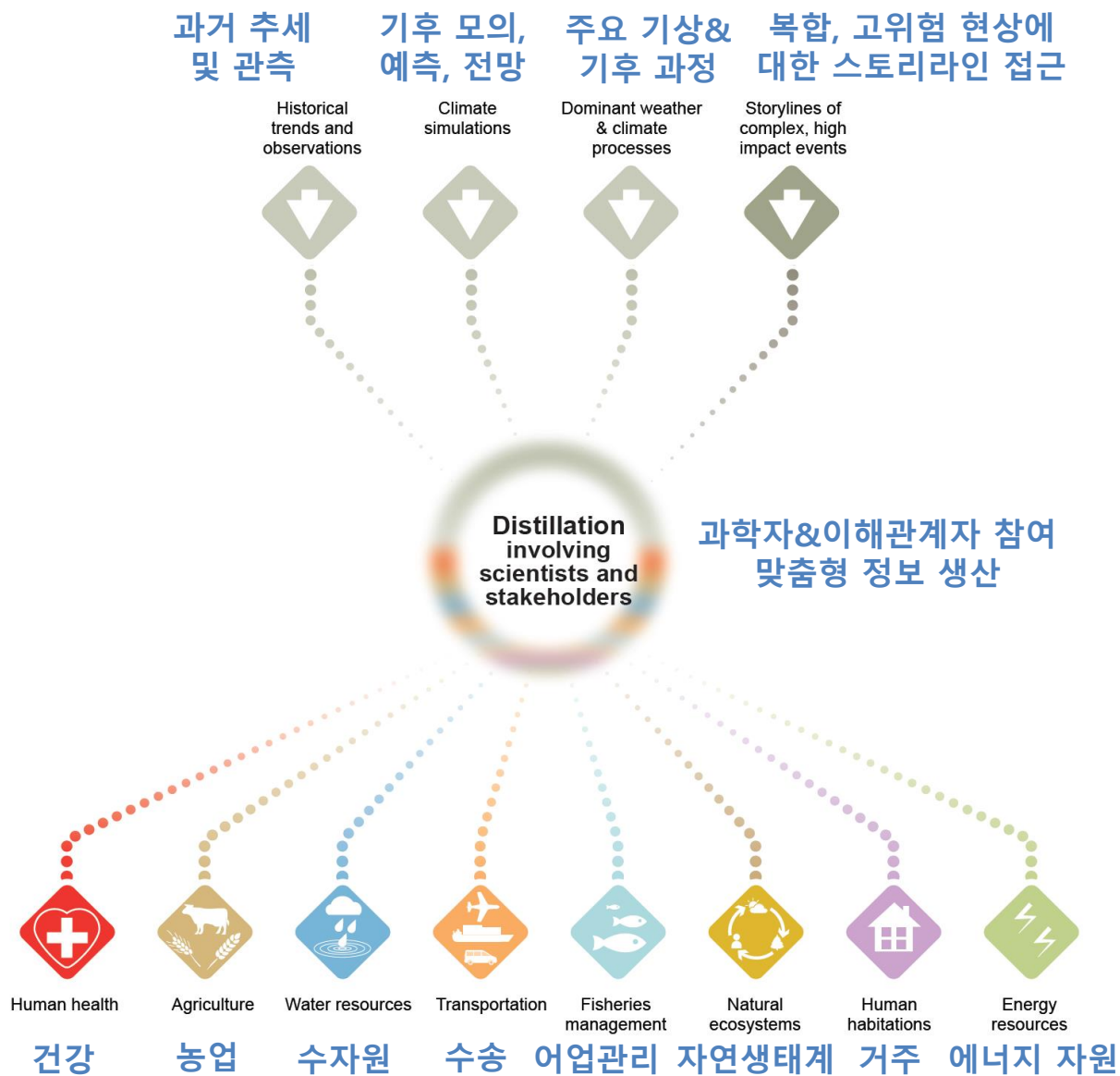
기후정보를 사회정보 시스템에 직접적으로 통합하기 위해 **디지털 지구** (혹은 **디지털 트윈**) 필요

세계기상기구(WMO) 세계기후연구프로젝트(WCRP)는 지구의 과거, 현재, 미래 기후 정보를 포괄하는
글로벌 대화형 정보 시스템 구축을 위한 국제공동 프로젝트 발족

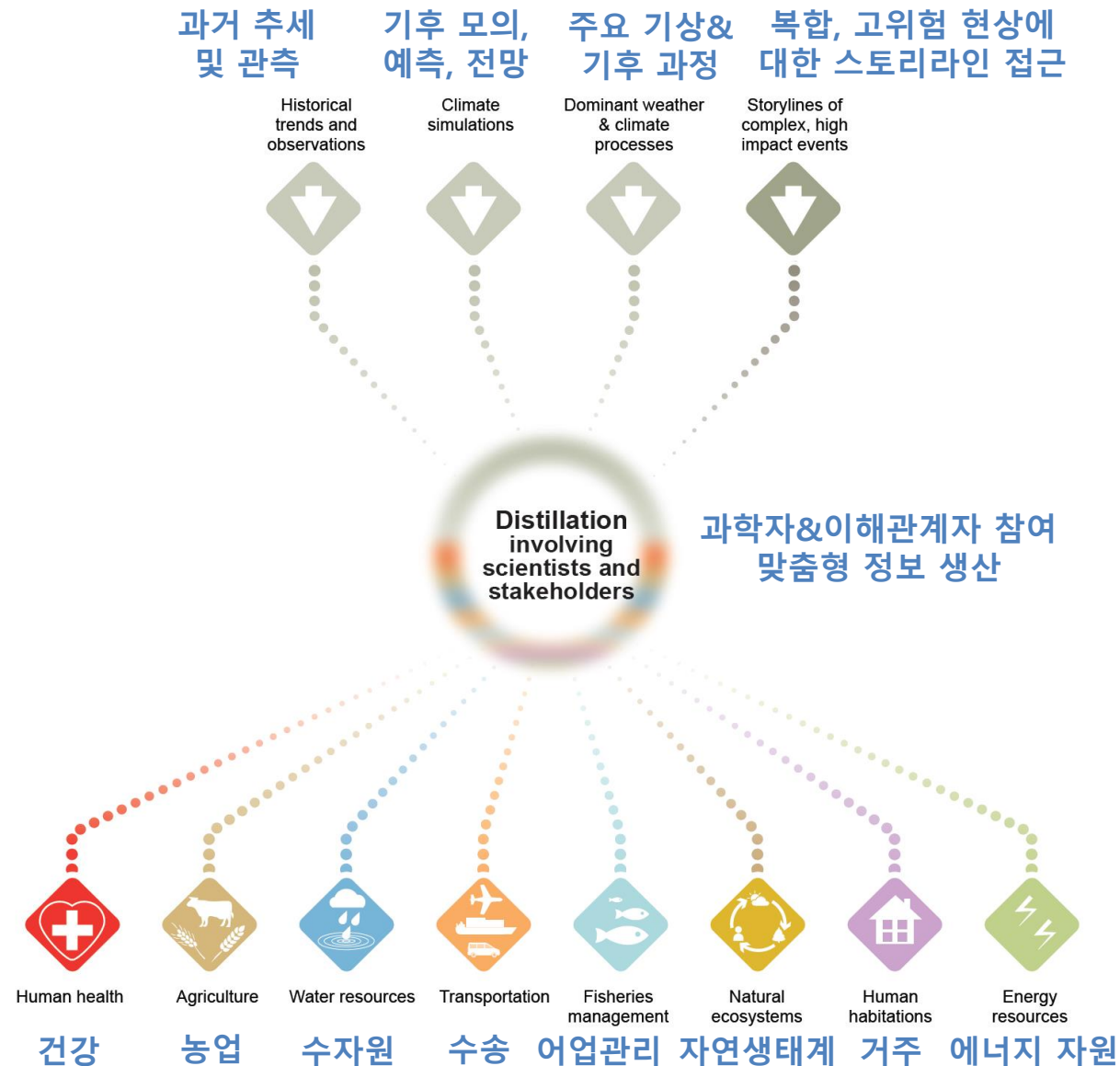


Source: WCRP

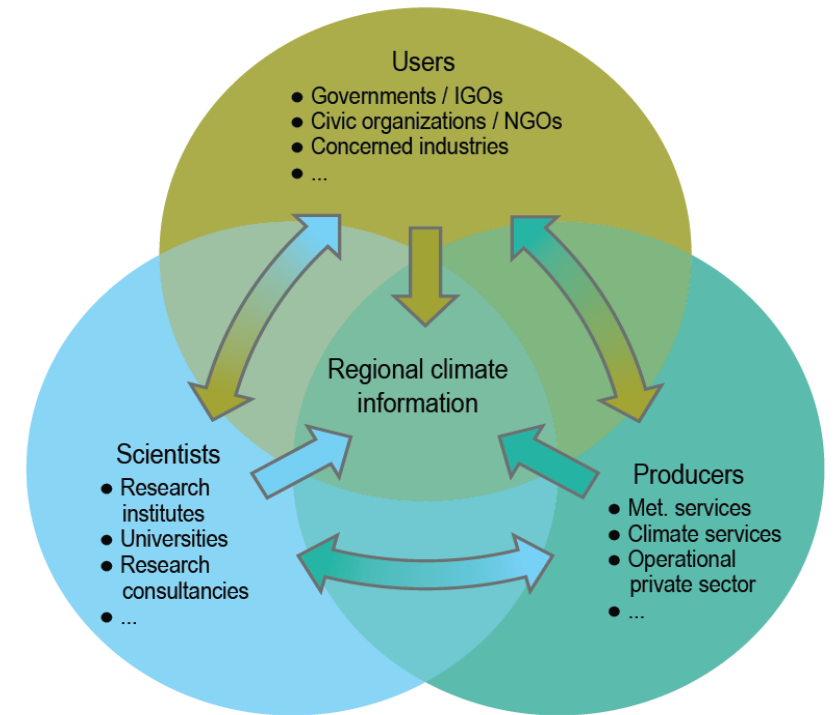
완화 및 적응 정책을 위한 맞춤형 기후 정보 생산



완화 및 적응 정책을 위한 맞춤형 기후 정보 생산



과학자, 기상기후정보 생산자(기상청 등), 이용자 사이 상호협력 증진 필요



Providing Context and Sharing Climate-Relevant Information

필요사항 제공 및 기후관련 정보 공유



Co-producing Regional Climate Information

지역기후정보 공동 생산

마무리

- 기후행동의 긴급성이 점차 증가
- 오늘 시작하는 것, 우리의 모든 행동, 모든 결정이 중요

감사합니다

Transforming Our World,
세계의 대전환,

Navigating Toward a Better Future
더 나은 미래를 향한 향해

부산 2030엑스포 유치 및 성공 기원