탄소 경제와 탄소 중립, 지향할 만한 글로벌 사례

2023년 9월 8일

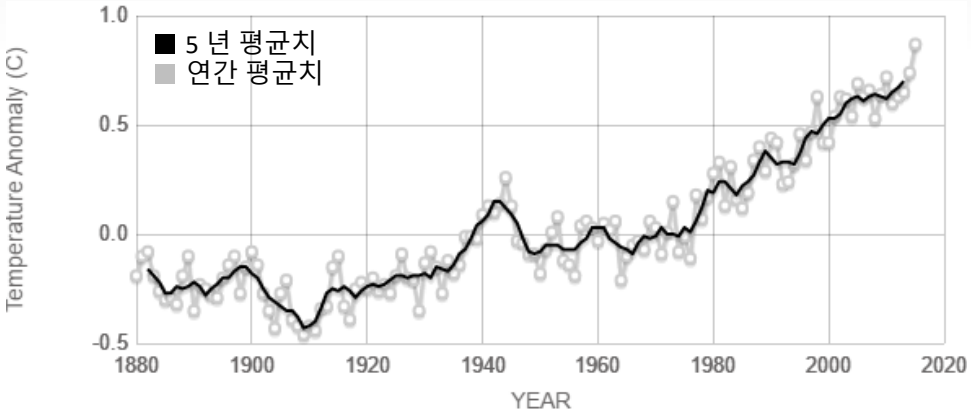
박지영 박사

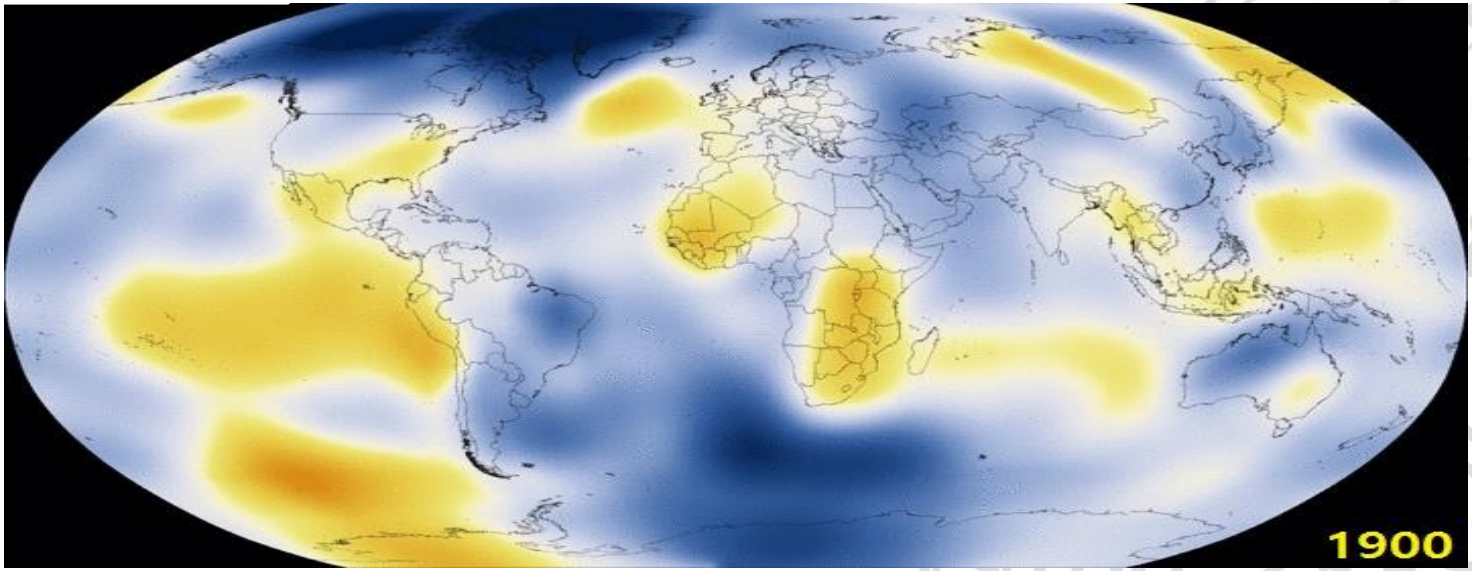
버팔로 대학교, 뉴욕 주립 대학교
도시 및 지역계획학과
부교수

1. 지구 온난화 및 제6차 평가보고서
2. 제6차 평가보고서의 순환 경제
3. 순환 경제의 정의
4. 사례 연구

1. 지구 온난화 및 제6차 평가보고서

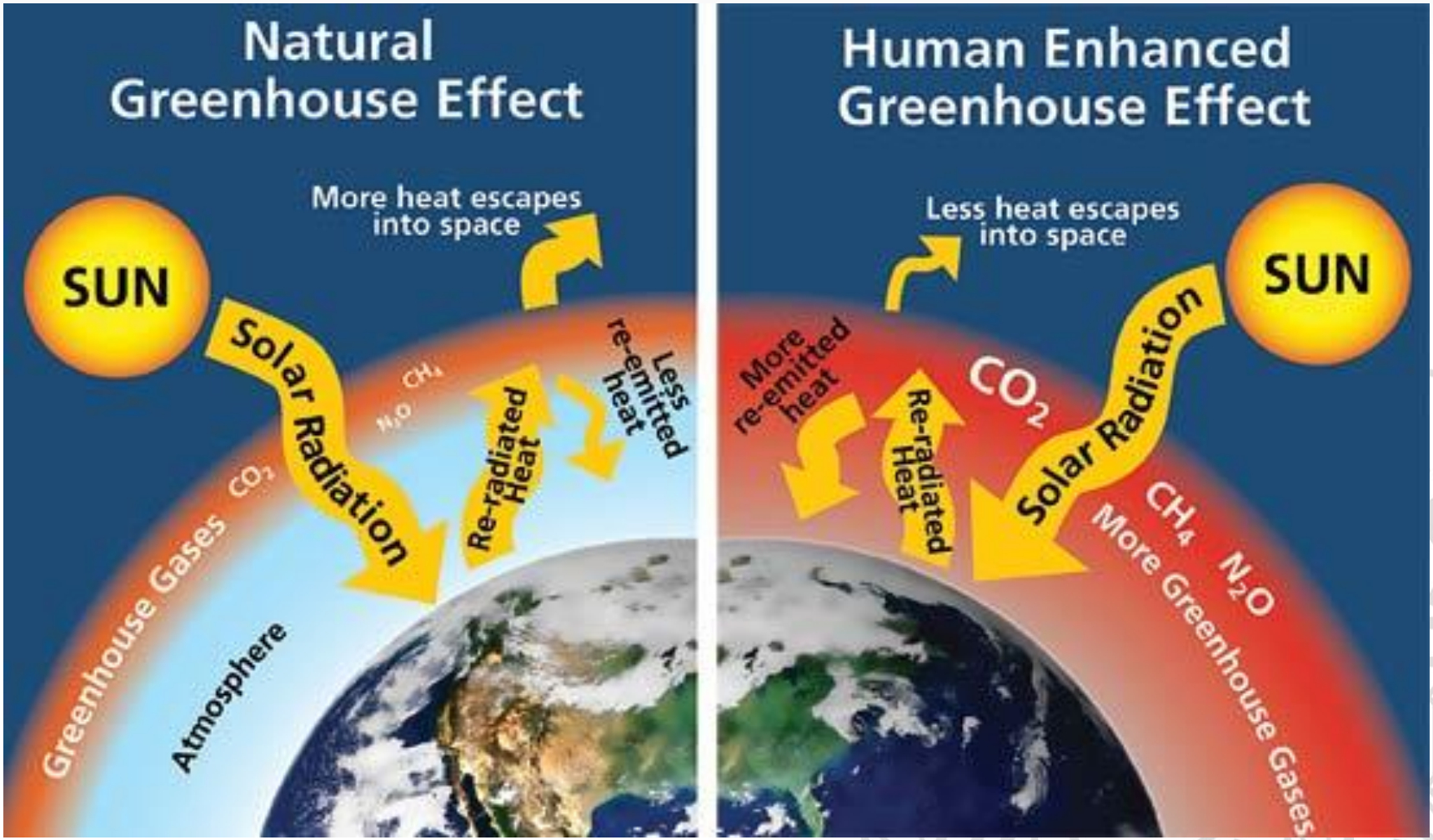
지구 온난화





출처: 나사 고다드 우주 연구소

글로벌 탄소 순환



출처 : https://www.nps.gov/grba/learn/nature/what-is-climate-change.htm, 윌 엘더, NPS

제6차 평가보고서에 따른 전 지구 지표면 기온 변화

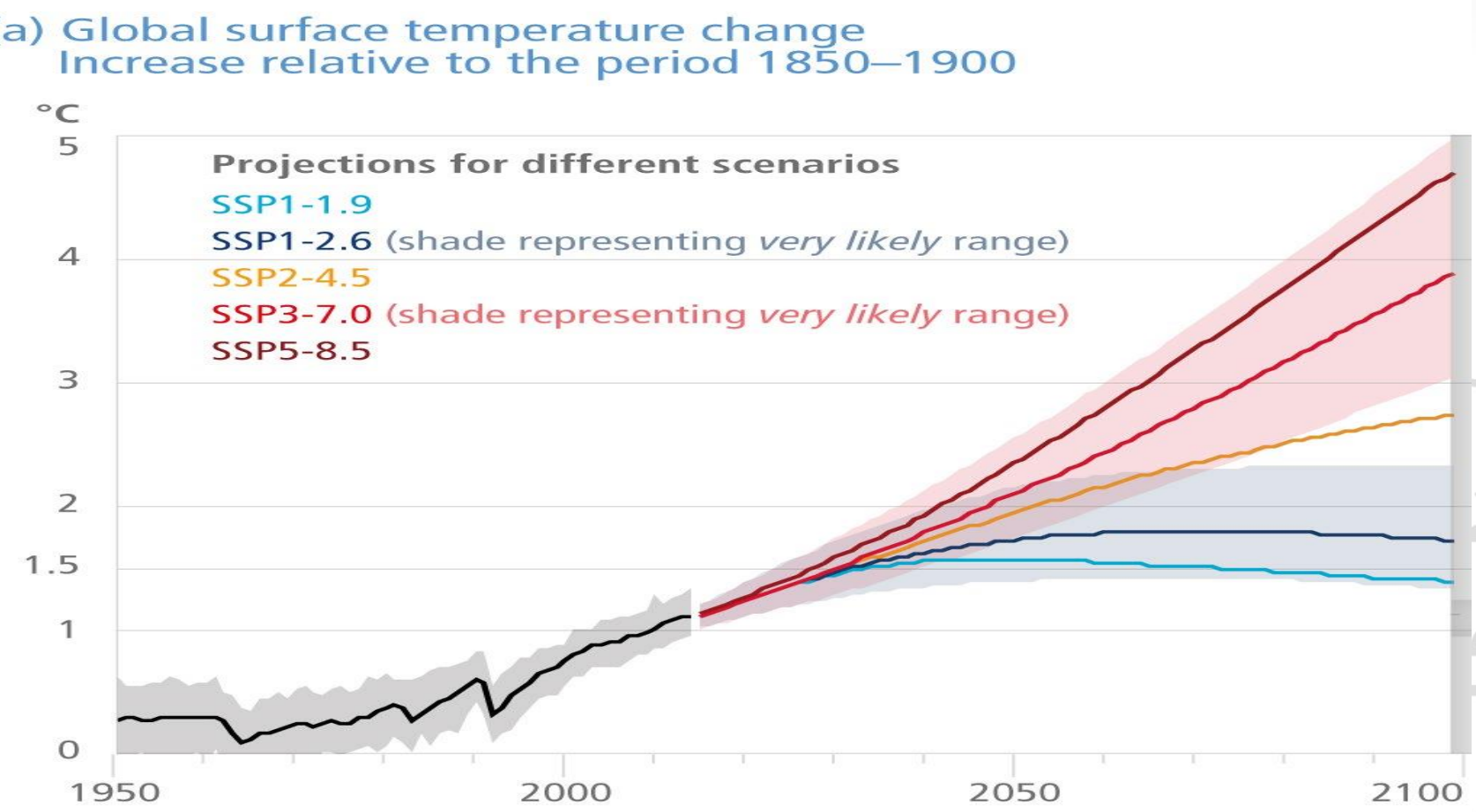


그림 1: 1850년 ~1900년과 대비되는 섭씨 기준 전 지구 지표면 기온 변화

출처: https://www.ipcc.ch

기후변화에 관한 정부간 협의체와 제6차 평가보고서

- 제6차 평가보고서는 기후변화에 관한 정부간 협의체 (IPCC)가 발표한 기후변화와 그 영향에 대한 가장 최신의 보고서
- 보고서는 세 개의 실무그룹으로 구분됨 (제1실무그룹, 제2실무그룹, 제3실무그룹)
- IPCC에 따르면 각 실무그룹은 중점 영역과 조사 결과물이 있음 (https://www.ipcc.ch/)

가. 제1실무그룹 – 물리 과학 근거

- 기후 변화와 그 영향의 원인 및 동력을 포함한 기후 변화의 물리 과학 근거를 평가
- 화석 연료 연소와 같은 인간 활동이 지구 온난화와 기후 변화의 주요 원인임을 확인
- 산업화 이전 수준 대비 세계 기온이 1.1도 상승했으며 과거의 배출량 때문에 추가 기온 상승이 불가피함을 언급
- 추가 기온 상승을 제한하고 최악의 기후 변화 영향을 방지하기 위해 온실가스 배출의 즉각적이고 의미 있는 감축의 필요성을 강조

나. 제2실무그룹 – 영향, 적응, 취약성

- 다양한 수준의 기온 상승과 관련한 위험 및 취약성 등 기후 변화가 자연 및 인간 시스템에 미치는 영향을 평가
- 기후 변화가 저소득 공동체, 토착민, 소도서 국가에 미치는 불균형적 영향을 강조
- 기후 변화의 영향을 해결하고 위험을 줄이기 위해 적응과 회복력 구축 조치의 중요성을 강조

다. 제3실무그룹 – 기후 변화 완화

- 온실가스 배출량 감축을 도와주는 기술, 경제, 사회적 요소를 포함해 기후 변화 완화를 위한 방법을 평가
- 여전히 지구 온도 상승을 1.5도로 제한하고 기후 변화로 인한 최악의 결과를 피할 수 있음을 강조
- 하지만, 이를 위해 에너지 시스템, 토지 이용, 교통을 포함해 사회 전반에 걸친 신속하고 광범위하며 전례 없는 변화가 필요함을 강조함
- 온실가스 배출량을 줄이고 저탄소 사회로 전환하기 위해 대담한 지구 공동의 노력이 필요함을 강조

제6차 평가보고서에 따른 완화 및 적응

- **기후 변화가 미치는 현재와 미래의 영향에 적응하는 과정이라는 뜻의 적응 (Adaptation)**
- **다음과 같이 온실가스 배출원 감소 및/또는 흡수를 강화한다는 뜻의 완화 (Mitigation)**
  - 온실가스 배출원 감소 예) 재생 에너지 비중 강화 또는 청정 모빌리티 시스템 확대
  - 온실가스 흡수 확대 예) 숲 면적 증가

(www.eea.europa.eu)

지구 온난화에 관해 무엇을 고려해야 하는가?

- 위험: 인간 및 생태 시스템을 위한 악영향 가능성, 그 시스템과 관련된 가치와 목적의 다양성 인식
- 취약성: 악영향을 받을 수 있는 경향 및 성향, 부족한 대처 및 적응 능력과 피해에 대한 민감성 및 취약성 등 다양한 개념과 요소를 포괄
- 회복탄력성: 위험한 사건, 추이, 또는 소란에 대처할 수 있는 사회, 경제, 환경 시스템적 능력. 시스템의 적응, 학습, 변혁 능력을 유지하면서 핵심 기능, 정체성, 구조를 유지하는 방식으로 대처하거나 재편

(https://www.ipcc.ch/ 에 있는 제6차 평가보고서에서 인용)

글로벌 기준 (제6차 평가보고서)을 위해 무엇을 정해야 하는가?

- 시기
  - 산업화 이전 시기: 1750년경 대규모 산업 활동 시작 전의 수 세기
  - 참고 시기: 1850년~ 1900년, 산업화 이전 글로벌 평균 지표면 기온(GMST)을 추정하기 위해 사용되는 기간.
  - 현대 시기: 제6차 평가보고서상 1995년~ 2014년
  - 3가지 미래 참고 시기
    - 2021년~ 2040년 단기, 2041년~ 2060년 중기, 2081년~ 2100년 장기 기후 변화 예측치 제공

(https://www.ipcc.ch/ 에 있는 제6차 평가보고서에서 인용)

글로벌 기준 (제6차 평가보고서)을 위해 무엇을 정해야 하는가?

- 시나리오
  - 미래의 기후를 탐구 및 조사하기 위해, 기후 변화 예측치가 다음과 같은 다양한 예측 요소를 이용해 개발됨
    - 온실가스 배출 (이산화탄소, 메탄 (CH4), 이산화질소 (N2O), 할로겐화 탄소)
    - 에어로졸 또는 에어로졸 전구체 배출량
    - 토지 이용 변화 및
    - 농도
  - 예측 요소는 거대한 기후 공간 평가를 촉진하고 기후 모델링 실험을 하기 위해 고안됨
  - 제5차 평가보고서에서 예측 요소 예측치가 '대표농도경로 (RCPs)'로 지칭됨
  - 제6차 평가보고서에서 새로운 세트의 예측 요소가 사용되고 '공통사회경제경로 (SSPs)' 시나리오로 지칭됨

(https://www.ipcc.ch/ 에 있는 제6차 평가보고서에서 인용)

지속가능 발전 목표 (SDGs)

- 지속가능 발전 목표는 지구 보호와 번영을 위한 전 지구적 행동 목표
  - 빈곤 문제 종식은 경제 성장 전략과 더불어 교육, 건강, 사회적 보호, 일자리 등 다양한 사회적 필요를 충족하는 전략과 긴밀히 연관되어야 한다는 것을 인정
  - 기후 변화 퇴치 및 환경 보호

(https://www.un.org/sustainabledevelopment/)

기후 변화 위험과 영향 관찰

- 생태계 및 생물 다양성
- 식량 시스템, 식량 안보 및 임업
- 상수도 및 물 안보
- 보건 및 건강
- 이주 및 강제 이동
- 인간 취약성
- 도시, 정착지 및 인프라
- 경제 부문

(https://www.ipcc.ch/ 에 있는 제6차 평가보고서에서 인용)

기후 변화 영향과 위험 예측

- 관찰된 영향 +
- 해수면 상승으로 인한 위험
- 복합적, 연속적, 초국경적인 위험

각 부문 및 시스템의 완화 대응

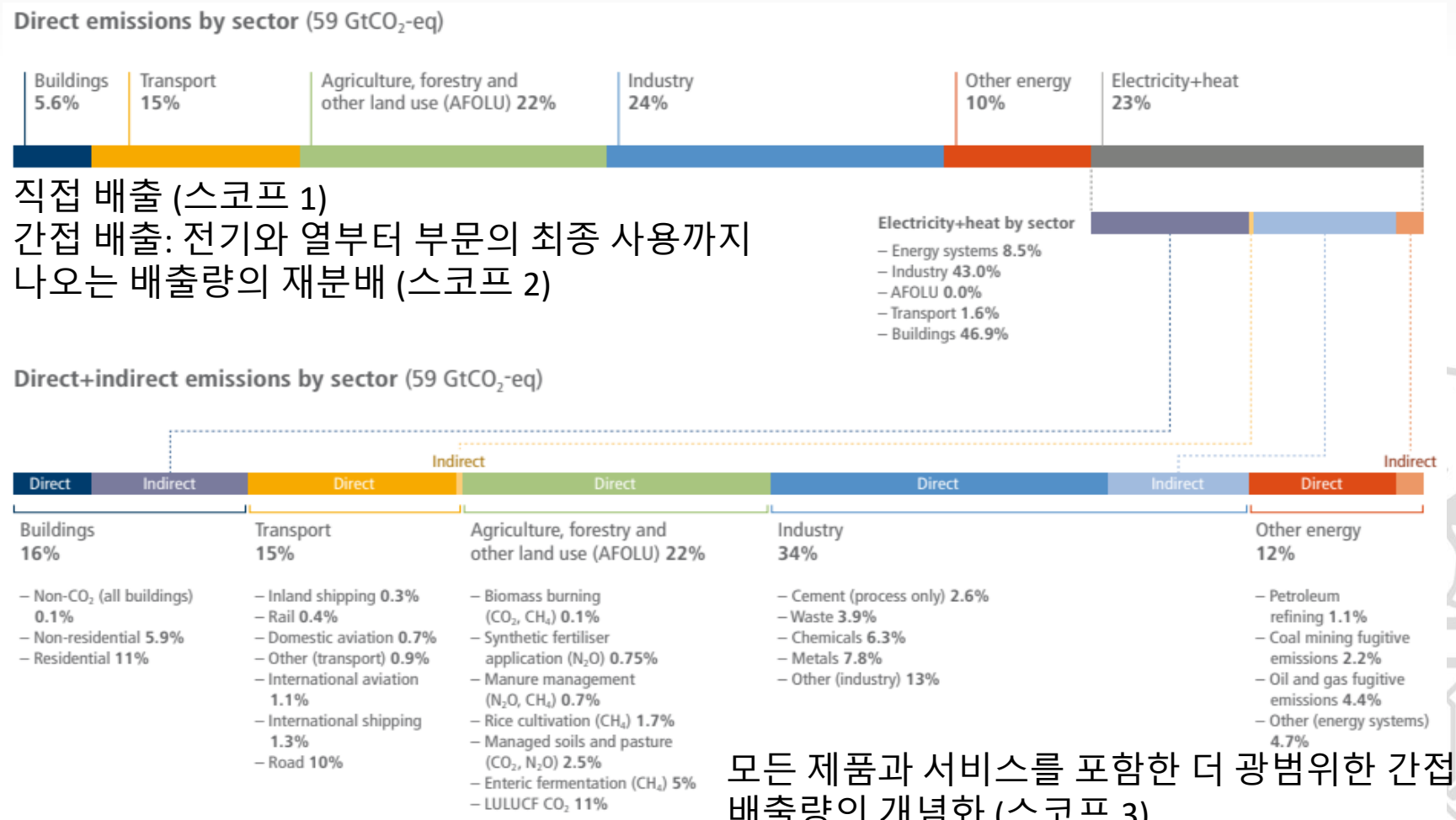
- 에너지
  - 에너지 운반체의 대전환: 전동화 및 수소
- 도시 시스템 및 기타 정착지
- 교통
- 건축
- 산업
- 농업, 임업 및 기타 토지 이용 분야
- 이산화탄소 제거 (CDR)
- 수요 측면의 완화 (예시: 순환 경제)
- 부문 및 시스템 전반에 걸친 완화 가능성

저탄소 사회로의 글로벌 전환 – 부문 도전과제

- 비용 하락, 확대 배포, 성능 향상으로 인해 다수의 저탄소 전기 생산 및 저장 기술이 급격한 발전을 이뤘으나 현재의 엄중한 기후 목표를 달성하기 위해서는 불충분함
- 2010년 이후로 석탄에서 나온 온실가스 배출량이 하락했으나, 아직 글로벌 배출 수준이 최대치에 도달하지 않았고 지역적 차이가 존재함
- 2010년 이후로 삼림 황폐화가 줄었으나 장기적 관리 비용이 도전과제
- 대중 교통서비스의 전동화가 시작되었으나 아직 배출 수준이 일정한 편
- 건물에서의 석탄과 바이오매스 사용에서 현대적 에너지 운반체와 효율적인 전환 기술로의 글로벌 이행이 진행 중이지만 건물의 긴 수명으로 인해 상당한 록인(lock-in) 위험 존재
- 탄소 포집, 활용 및 저장 (CCUS) 기술, 에너지와 사료를 위한 수소 이용, 순환 물질 흐름을 위한 혁신이 있으나 기본 물질에 대한 글로벌 수요로 인해 산업 배출량이 지속적으로 증가

출처: https://www.ipcc.ch 의 제3실무그룹 보고서

직간접 온실가스 배출량



직접 배출 (스코프 1)
간접 배출: 전기와 열부터 부문의 최종 사용까지 나오는 배출량의 재분배 (스코프 2)

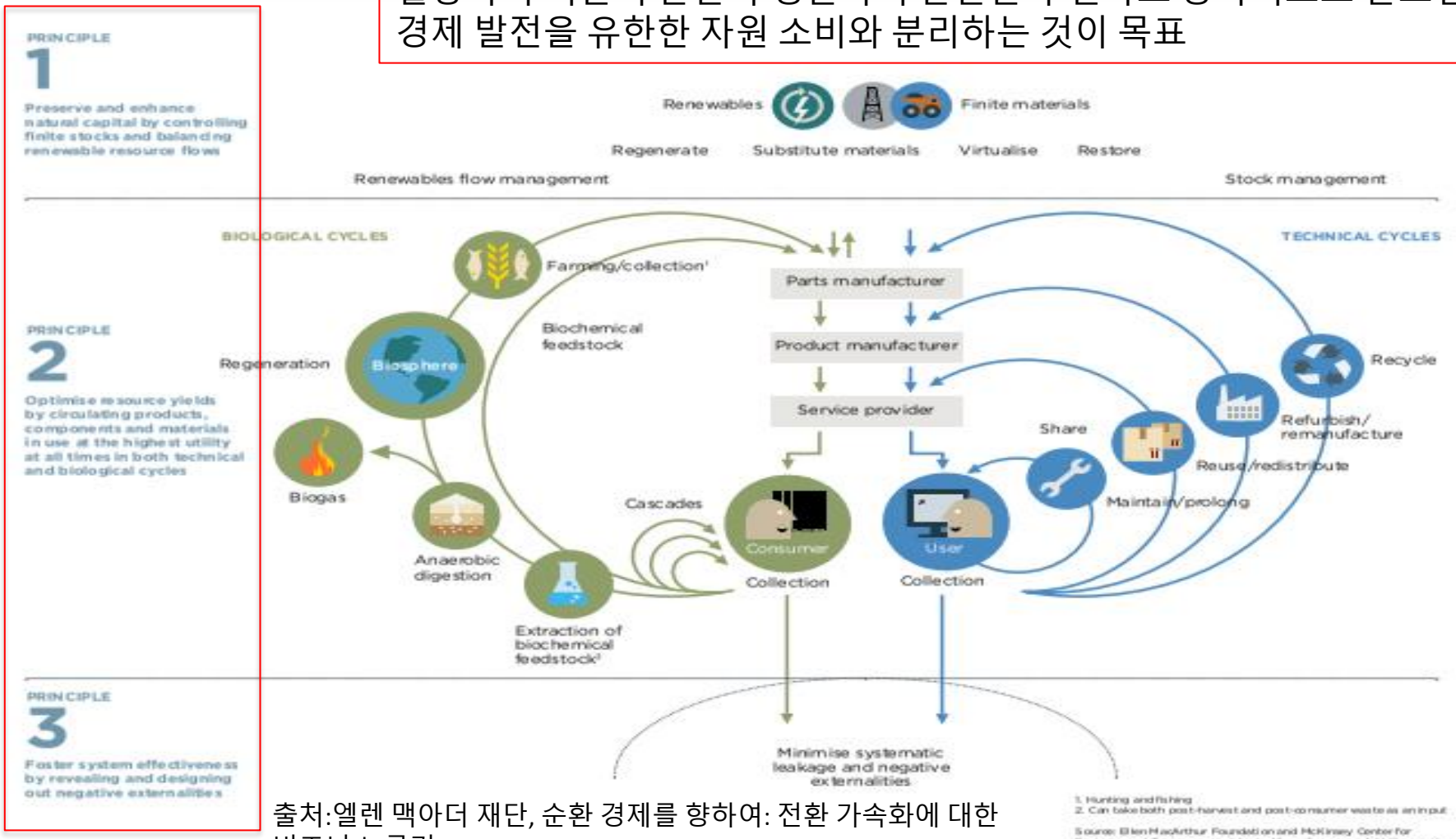
모든 제품과 서비스를 포함한 더 광범위한 간접 배출량의 개념화 (스코프 3)

그림 TS.6 | 2019년 부문별, 하위 부문별 총 인위적 직간접 온실가스 배출량(기가 톤 이산화탄소 상당량)

3. 순환 경제의 정의

순환 경제를 위해 무엇을 고려해야 하는가?

디자인을 통한 복원 및 재생. 제품, 요소, 물질의 최대 가치를 최대로 활용하며 기술적 순환과 생물학적 순환을 구별하고 궁극적으로 글로벌 경제 발전을 유한한 자원 소비와 분리하는 것이 목표



출처:엘렌 맥아더 재단, 순환 경제를 향하여: 전환 가속화에 대한 비즈니스 근거 (2015)

3가지 핵심 원칙

- 원칙 1: 유한한 비축량 통제 및 재생 가능 자원 흐름의 균형 유지를 통한 자연 자본 보존 및 강화
- 원칙 2: 제품, 부품, 물질을 최대한으로 활용하여 순환함으로써 기술 및 생물 순환에서의 자원 산출량 최적화
- 원칙 3: 부정적 외부효과를 드러내고 설계함으로써 시스템 효율성 강화

순환 및 경제

- 순환 vs. 선형
- 재생과 복원의 의미로써의 순환
- 새로운 경제적 가치의 의미로써의 순환
  - 무 (최소한의) 폐기물
  - 다양성 및 균형
  - 전환 (폐기물이 상품으로 ; 사회 최적화를 달성하기 위한 총비용)
  - 새로운 부가가치
  - 재생 에너지
  - 시스템 사고

참고: 주요 아이디어는 엘렌 맥아더 재단 (2015)의 보고서와 Park의 기사 (2022) 를 결합한 것 : 지속 가능한 미래, ' 순환 경제'에서 답을 찾아라 https://www.techm.kr/news/articleView.html?idxno=81381.

4. 사례 연구

카테고리별 10가지 사례

- 생물다양성
- 사업
- 순환 디자인
- 도시
- 기후
- 패션
- 금융
- 정부 및 정책
- 식품
- 플라스틱

출처: 순환경제 실천 사례 및 사례 연구 (ellenmacarthurfoundation.org)

무엇에 참여할 수 있을까?

- 순환 경제: 2016년 이후, 런던 팻 라마(Fat Lama)

  - 팻 라마가 보험을 보증하는 시장에서 빌려주는 사람과 빌리는 사람이 참여하는 기술 장비 P2P 공유 플랫폼에서 사용되지 않고 있는 개별 장비들이 효과적으로 공유될 수 있음

- 유휴자산에서 만들어진 부가 가치와 함께 다양한 고급 장비를 합리적인 가격에 접근할 수 있어 새로운 시장을 창출함

유사 사례: 2012년 이후 토론토 툴 라이브러리 및 메이커스페이스

무엇에 참여할 수 있을까?

- 공공 조달: 덴마크 환경 보호청
- 공공 조달: 공공 당국이 비독성 화학 물질을 사용하는 회사로부터 제품과 서비스를 구매해서 제품 수명 주기 및 생물학적, 기술적 물질의 순환을 연장하는 과정
- EU GDP의 약 19%인 2조 유로와 덴마크의 380억 유로를 사용해 순환 제품과 서비스에 대한 수요 증가, 혁신 촉진, 환경 파괴 최소화 및 공공 자금 절약, 제품의 전체 수명 주기 비용 고려함

2050 탄소 중립

탄소 제로 (CZ) 시나리오

- 탄소 제로 도달 이후, 한국의 미래와 부문별 전환 예상
- 부문별 정책 및 전환 시기 안내

고려사항

- 기술 혁신 (저탄소 과정, 재생 에너지 효율 등)
- 시민 인식 및 생활방식 변화가 전제
- 경제 부담과 효용, 식품, 에너지 안보, 글로벌 사회의 역사적 역할이라는 복합적인 맥락 고려
- 환경 변화에 따른 기간별 갱신의 필요성을 고려한 확고한 목표와 원칙
- 명확한 조건과 전제, 객관적 데이터, 과학적 방법론에 기반한 상당히 실현 가능한 시나리오 수립

기후 위기로부터 안전하고
지속가능한 탄소중립 한국

2050 넷제로

<표 1> 2050 넷제로 시나리오 : 최종 온실가스 배출량

	부문	2018년	계획 1	계획 2
온실가스 배출량 감축	에너지 전환	269.6	0	20.7
	산업	260.5	51.1	51.1
	건물	52.1	6.2	6.2
	교통	98.1	2.8	9.2
	농업, 임업 및 기타 토지 이용 분야(AFOLU)	24.7	15.4	15.4
	폐기물	17.1	4.4	4.4
	수소	0	0	9
	비산 배출	5.6	0.5	1.3
	총합	727.7	80.4	117.3
흡수/제거 확대	흡수원	-41.3	-25.3	-25.3
	탄소 포집·활용·저장 기술 (CCUS)	0	-55.1	-84.6
	직접공기포집(DAC)	0	0	-7.4
	총합	-41.3	-80.4	-117.3
순배출		686.3	0	0

(단위: 100만 톤 이산화탄소 상당량)

도시의 순환 경제 - 4P

- 어떻게 효과를 평가하는가?

-> 경제 모델 제작

- 미래에 어떤 도전과제가 있는가?

-> 시민, 민간, 공공 파트너가 참여하는 플랫폼에 잘 맞는 공동 거버넌스 모델

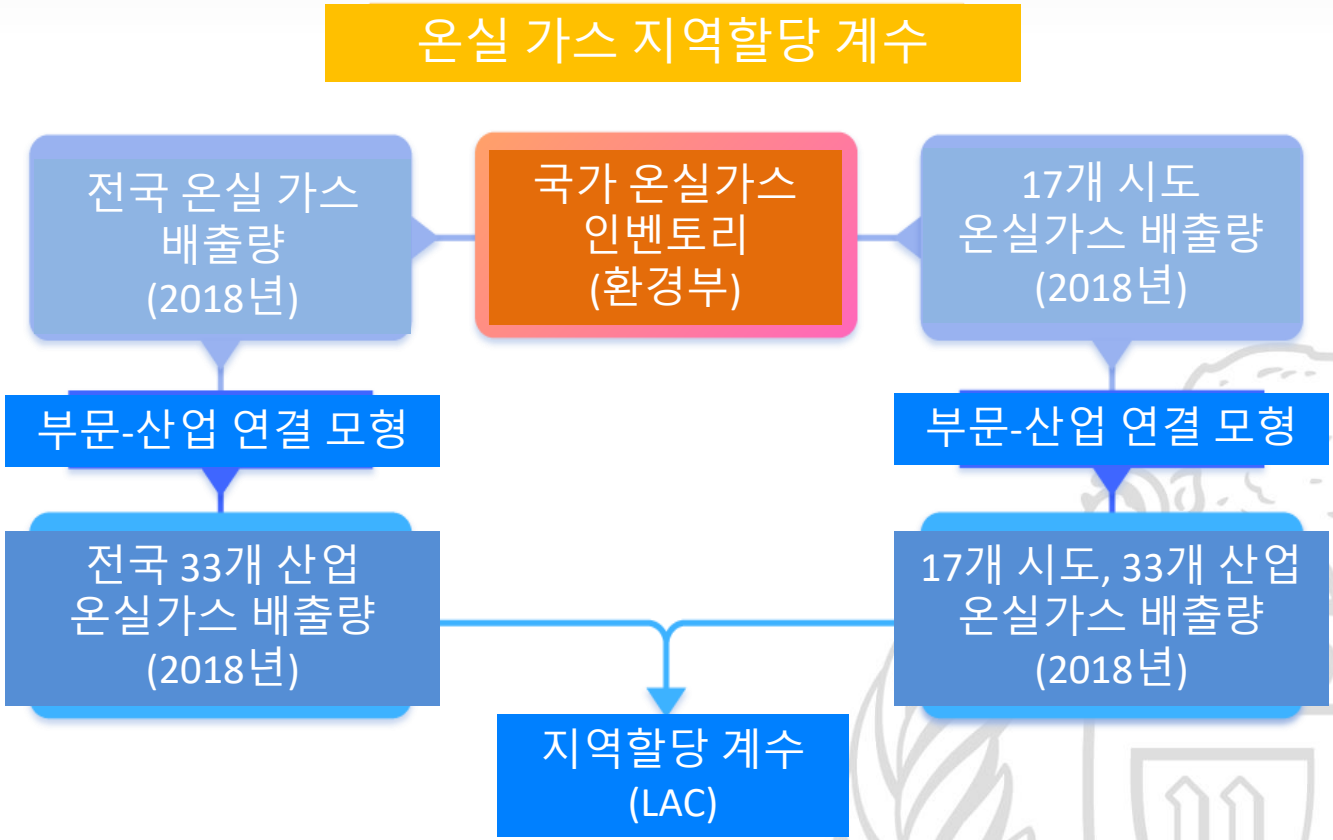
-> 국내 의제에 집중, 미래에 완화나 탄소 제로 사회 달성에 적용될 수 있는 다양한 기술 혁명이 일어나는 곳

-> 제약 없는 물리적 접근성 (하비, 1973년)을 구축하고 지역 격차를 해소할 수 있는 초연결에 기반한 공간 정의 구현

-> 지방 정부, 주 정부, 민간기업, 이해관계자, 시민이 미래 도시와 지역 발전 전략을 위해 일명 4P라고 불리는 협력 파트너십 구축 필요

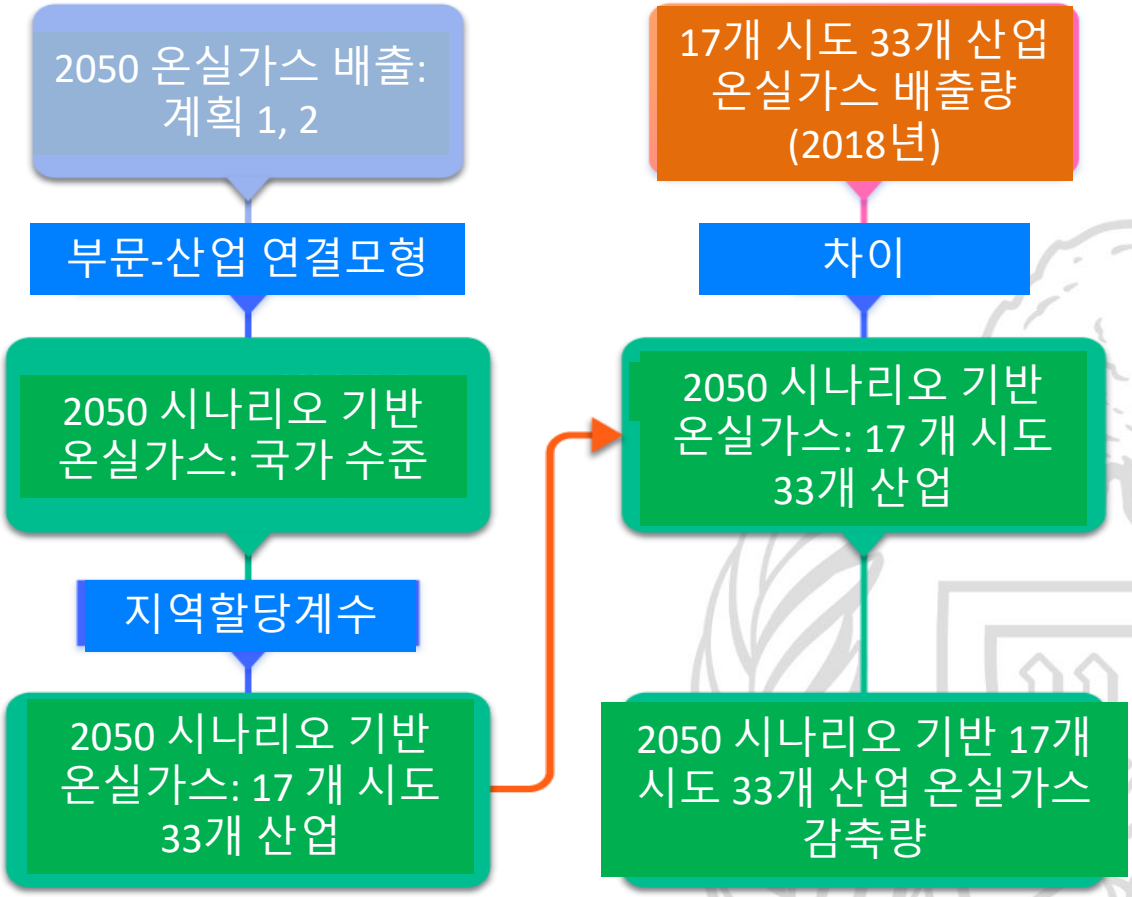
- 지역 경제 평가 모델 필요성

접근 방식:
산업 및 지역별 온실가스 배출량 할당



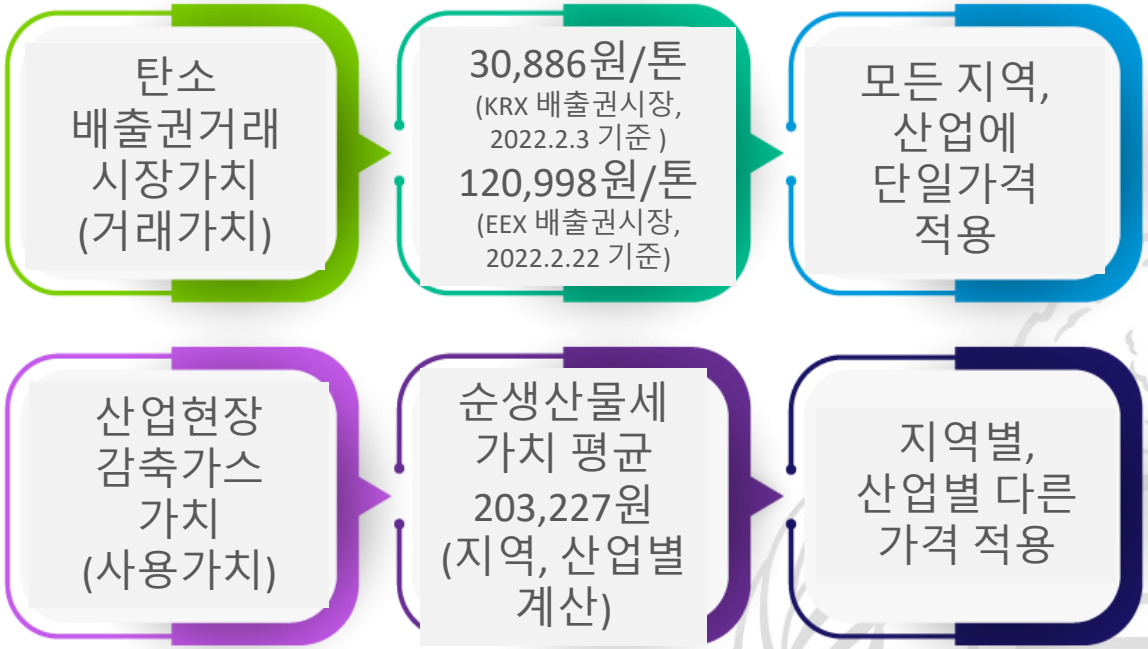
지역 및 산업별 온실가스 감축량

온실가스 감축 할당 과정



온실가스 가치

온실가스 가치 평가 과정



결과

❖ 지역별 고용 영향 – 시나리오 2

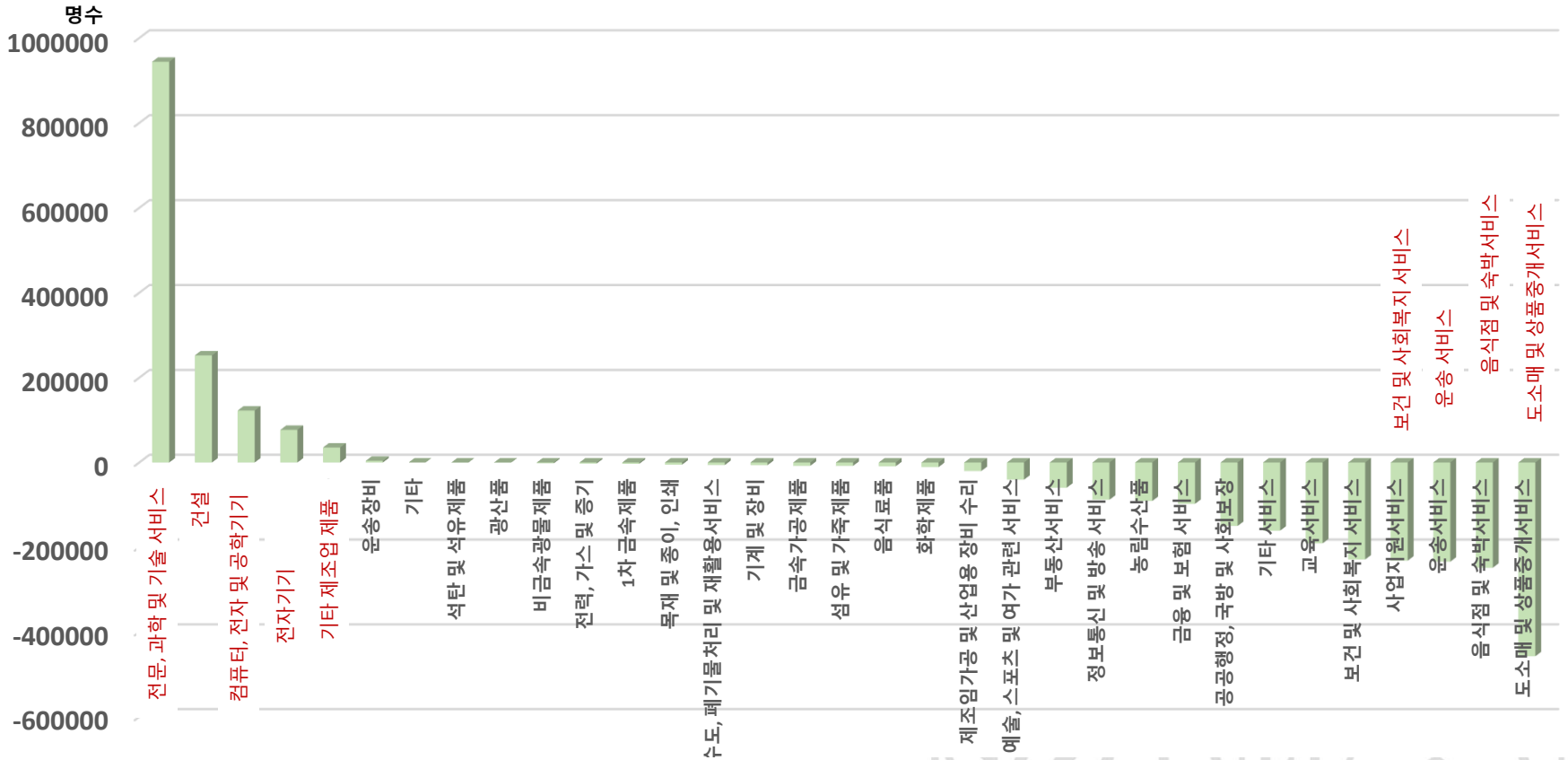
	NoAct	순 고용	
서울	-902,380	-222,979	75%
인천	-198,858	-30,969	84%
경기	-933,314	-205,848	78%
대전	-112,702	-39,571	65%
세종	-19,085	-1,945	90%
충북	-141,543	-35,791	75%
충남	-180,607	-9,533	95%
광주	-108,403	-22,430	79%
전북	-134,474	-37,985	72%
전남	-141,460	-19,692	86%
대구	-167,766	-53,187	68%
경북	-216,487	-65,889	70%
부산	-244,265	-71,041	71%
울산	-103,332	-8,903	91%
경남	-255,083	-54,382	79%
강원	-119,979	-27,253	77%
제주	-53,711	-15,638	71%
전국	-4,033,450	-923,037	77%

정부 투자 효과가 가장 큰 3대 지역

단위: 명

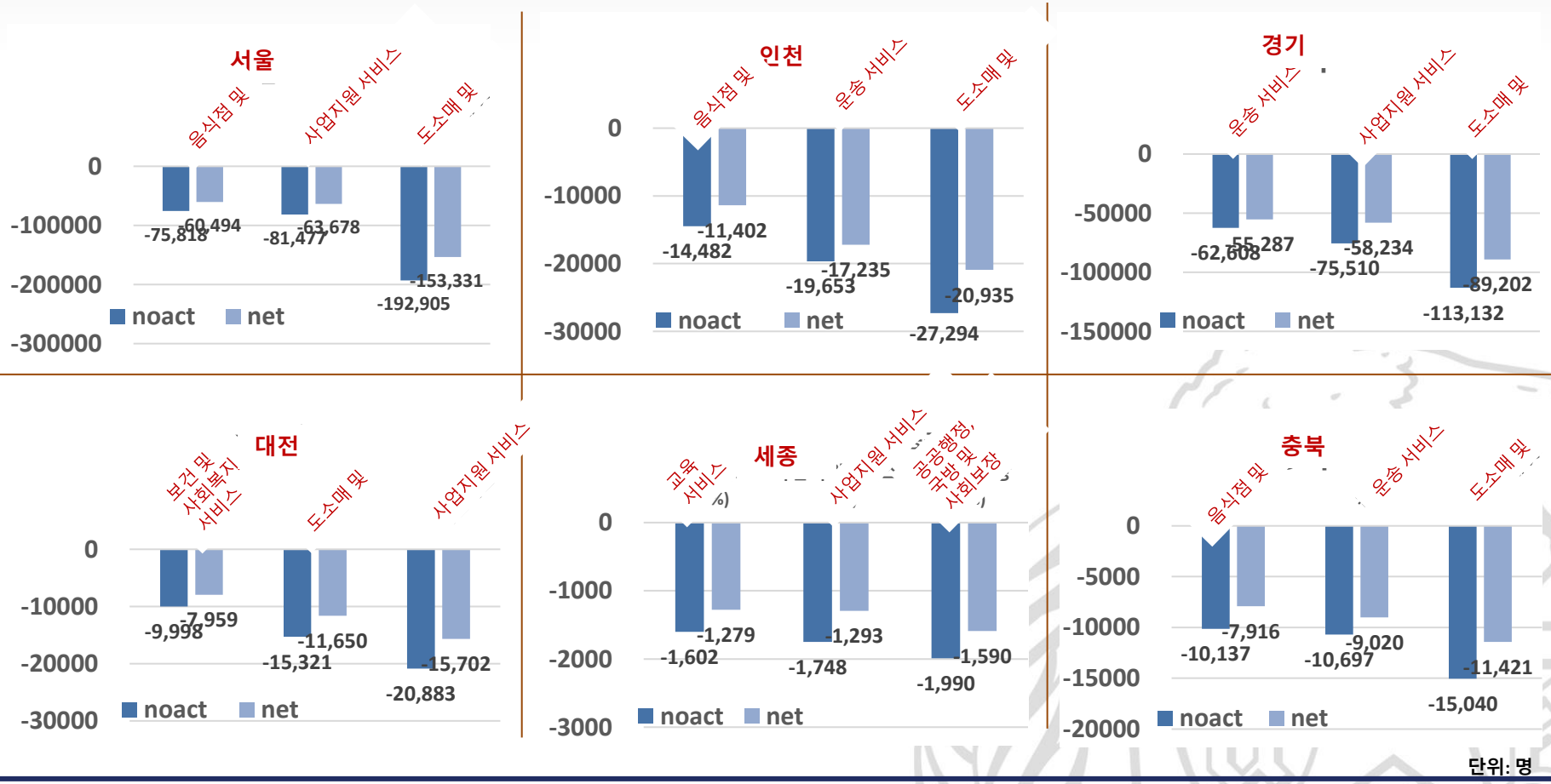
결과

❖ 순 고용 영향 – 시나리오 2



결과

❖ 주요 산업별 지역적 영향 – 시나리오 2



단위: 명

보건 및 사회복지