



산업부문 탄소중립을 위한 공정 및 연료 전환 시나리오 분석 : <LEAP 모델 기반 온실가스 배출량 예측>

친환경마녀: 하형률, 이승훈, 최연우



서론

연구의 배경 및 필요성

- 전 세계적인 탄소중립 압박 속에서, 한국도 2050 탄소중립과 2030 NDC 상향 등 적극적 대응 중
- 산업 부문은 국가 온실가스 배출의 약 33.6%를 차지하며, 감축이 가장 어려운 고비용 부문
- 철강, 석유화학, 시멘트 등 에너지 다소비형 구조로 기술적·경제적 타당성 기반의 전략 필요
- 산업별 감축 잠재력과 비용에 대한 정량적 분석을 통해 정책 우선순위 설정이 필요

연구 목적

- 국가 탄소중립 시나리오 기반으로 국내 주요 산업의 탄소 배출량을 예측하고 감축 잠재력을 비교 분석
- 시멘트, 철강, 석유화학, 제지 산업을 대상으로 BAU 시나리오 vs. 탄소중립 정책 적용 시나리오 비교
- 연료 전환 및 공정 개선 등 핵심 감축 수단의 효과성을 평가
- 정책·재정 지원이 집중되어야 할 우선 산업 및 기술을 도출하는 것이 궁극적 목표

연구 범위 및 방법론

- 시멘트, 철강, 석유화학, 제지 등 산업 부문 대표 4개 업종 분석
- LEAP 모델 기반으로 BAU vs. 정책 적용 시나리오 간 배출량 차이 정량 분석
- 연료 전환(석탄 → 전기, 수소 등) 및 공정 개선 기술의 감축 효과를 평가
- 기술별 감축 수단의 우선순위 도출을 목표로 함

연구 기대 효과 및 활용 방안

- 산업별 감축 잠재력 분석을 통해 정책 및 투자 전략 수립의 기초자료 제공
- 정부의 효율적 자원 배분과 기업의 중장기 저탄소 전략 수립에 기여
- 실질적인 감축 효과 제고를 위한 기술·산업 맞춤형 접근 기반 마련

연구방법

LEAP 모델

- LEAP은 상향식(bottom-up) 에너지·배출 시나리오 분석 도구로, 에너지 소비와 온실가스 배출의 미래 변화를 정량 분석함
- 수요, 공급(변환), 자원, 배출계수, 시나리오 모듈로 구성되어 있음
- 산업·부문별 연료 사용과 기술 변화 반영이 가능하며, BAU vs. 감축정책 시나리오 비교 분석에 유용
- 기술·국가 단위까지 계층적 분석이 가능한 시나리오 기반 의사결정 지원 도구

기준·목표 연도 설정

- 기준 연도: 2022년** → 최신 통계 기반 분석 가능성과 데이터 신뢰도 고려
- 목표 연도: 2040년** → 2050 탄소중립 실현을 위한 중간 점검 및 정책 제언 시점으로 설정

시나리오 구성

BAU 시나리오:

→ 과거 10년 생산량 추세 유지, 에너지 집약도·배출계수 고정, 정책 개입 없음

탄소중립 시나리오:

→ 생산량 추세는 동일하되, 에너지 효율 지속 개선 + 감축 기술 적용 정책 반영

데이터 구축 및 분석 절차

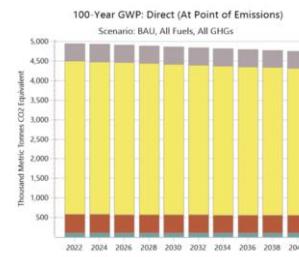
- 산업별(시멘트, 철강, 석유화학, 제지)로 Activity Level, 에너지 사용량, 에너지원단위(EI) 산정
- 공신력 있는 통계자료(KOSIS, 산업별 협회, EG-TIPS 등)를 기반으로 TOE/생산량 기준 정량 분석 수행
- 공식 배출계수(에너지공단)를 활용하여 LEAP 모델 내 온실가스 배출량($t\text{CO}_2\text{-eq}$) 계산. 국제 기준과 정합성 확보된 계수 적용으로 정책 시뮬레이션 신뢰도 강화

연구결과 및 결론

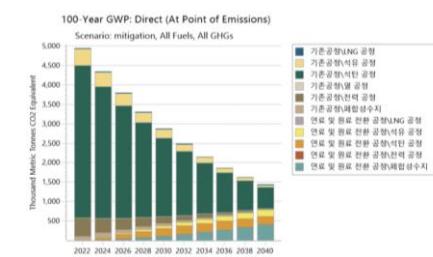
분석 결과 요약

- 철강 산업:** 2040년 기준 BAU 대비 약 9,890만 $t\text{CO}_2\text{-eq}$ 감축, 수소환원제철 및 전력 탈탄소화가 핵심
- 석유화학 산업:** 약 6,480만 $t\text{CO}_2\text{-eq}$ 감축, 바이오 납사 및 전기 기반 공정 전환 효과 두드러짐
- 시멘트 산업:** 약 331만 $t\text{CO}_2\text{-eq}$ 감축, 폐합성수지 및 수소 열원 대체가 주요 감축 수단
- 제지 산업:** 약 142만 $t\text{CO}_2\text{-eq}$ 감축, 전력 기반 전환과 전력 배출계수 감소 효과 확인

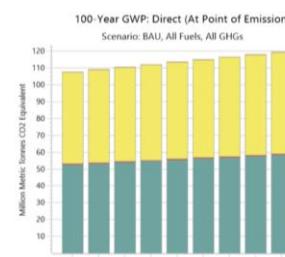
시멘트 BAU 시나리오



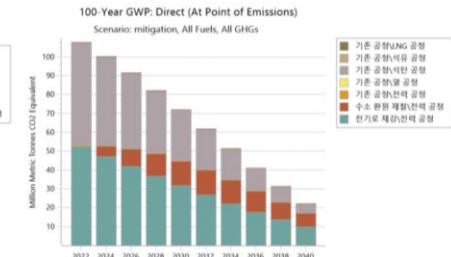
시멘트 2040 시나리오



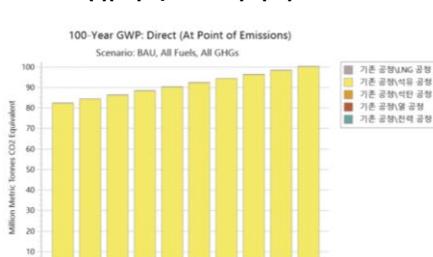
철강 BAU 시나리오



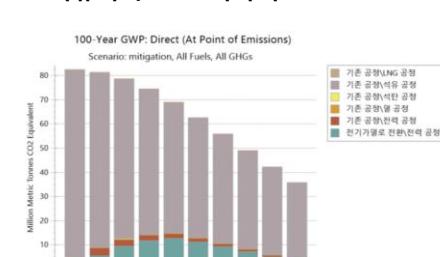
철강 2040 시나리오



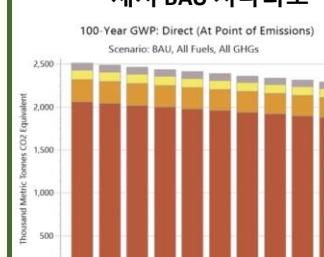
석유화학 BAU 시나리오



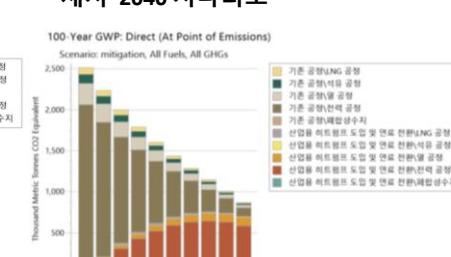
석유화학 2040 시나리오



제지 BAU 시나리오



제지 2040 시나리오



정책 시사점

- 철강 → 석유화학 → 시멘트 → 제지 순으로 감축 잠재력 확인
- 특히 철강·석유화학 산업은 연료·공정 구조 전환 중심의 전략적 접근 필요
- 철강 산업에 대한 선제적 정책 개입이 탄소중립 이행의 관건으로 제언됨

정책적 대응 방향

- 청정수소 공급망 인프라 구축
- 민관 협력형 투자 메커니즘 마련
- 탄소배출권 제도 개선 및 인센티브 강화
- 공정 전환기업 대상 R&D 지원 확대