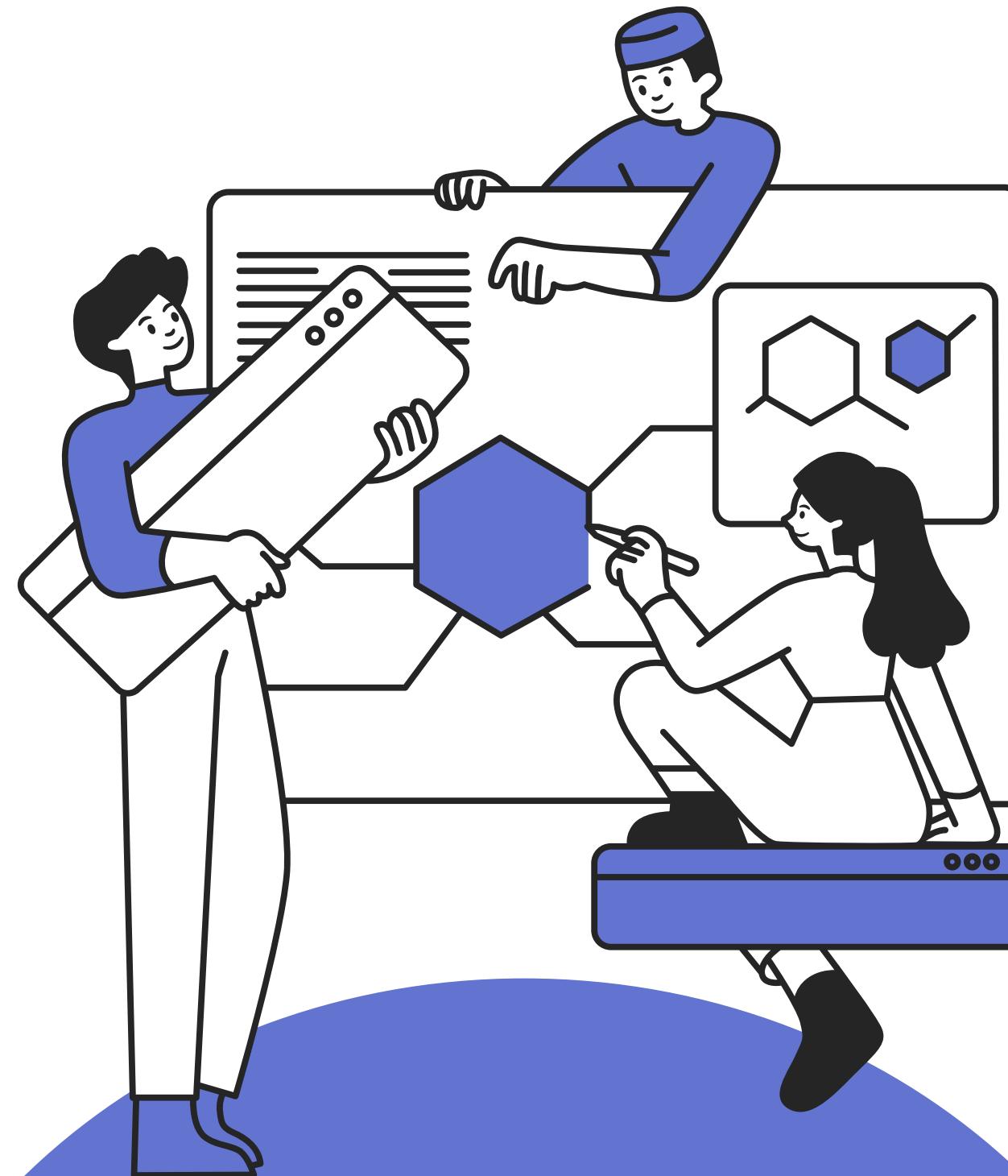


# 국내 산업(철강·석유화학·시멘트·정유) 의 탄소 감축: 한계점 분석 및 정책 제언

신강민, 이상은, 이승훈, 이은



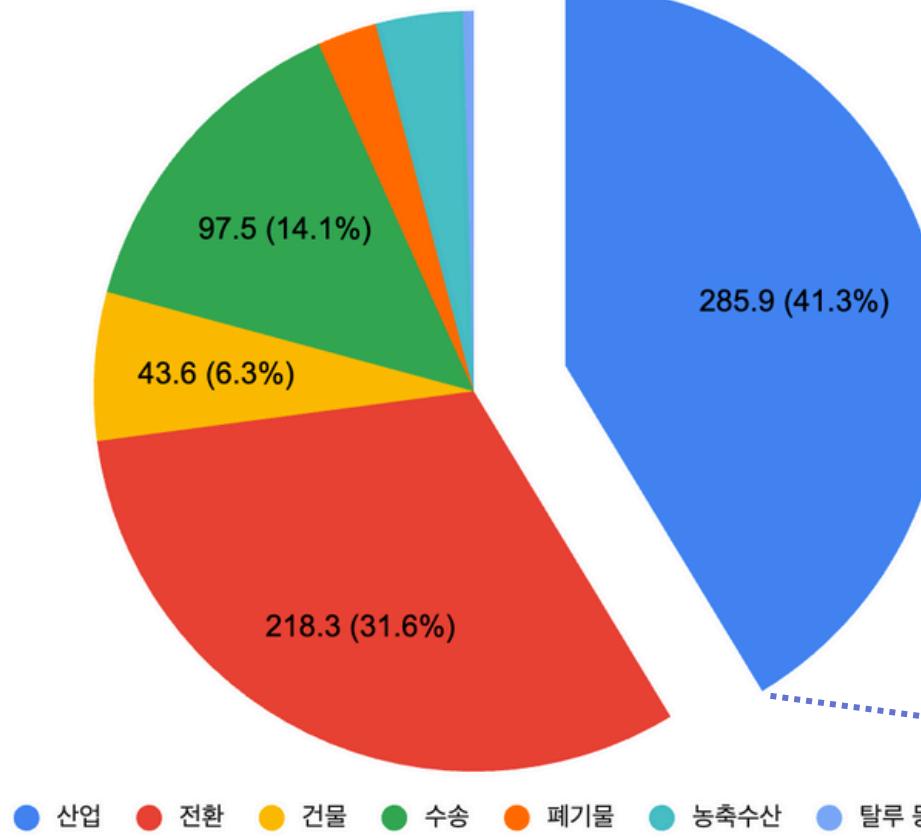
# CONTENTS

- 1 국내 산업 부문 진단
- 2 산업 분야 온실가스 규제
- 3 국내 산업분야 온실가스 감축 정책 추진 현황
- 4 철강, 석유화학, 시멘트, 정유의 온실가스 감축 기술
- 5 해외 사례 분석
- 6 한국의 정책 방향

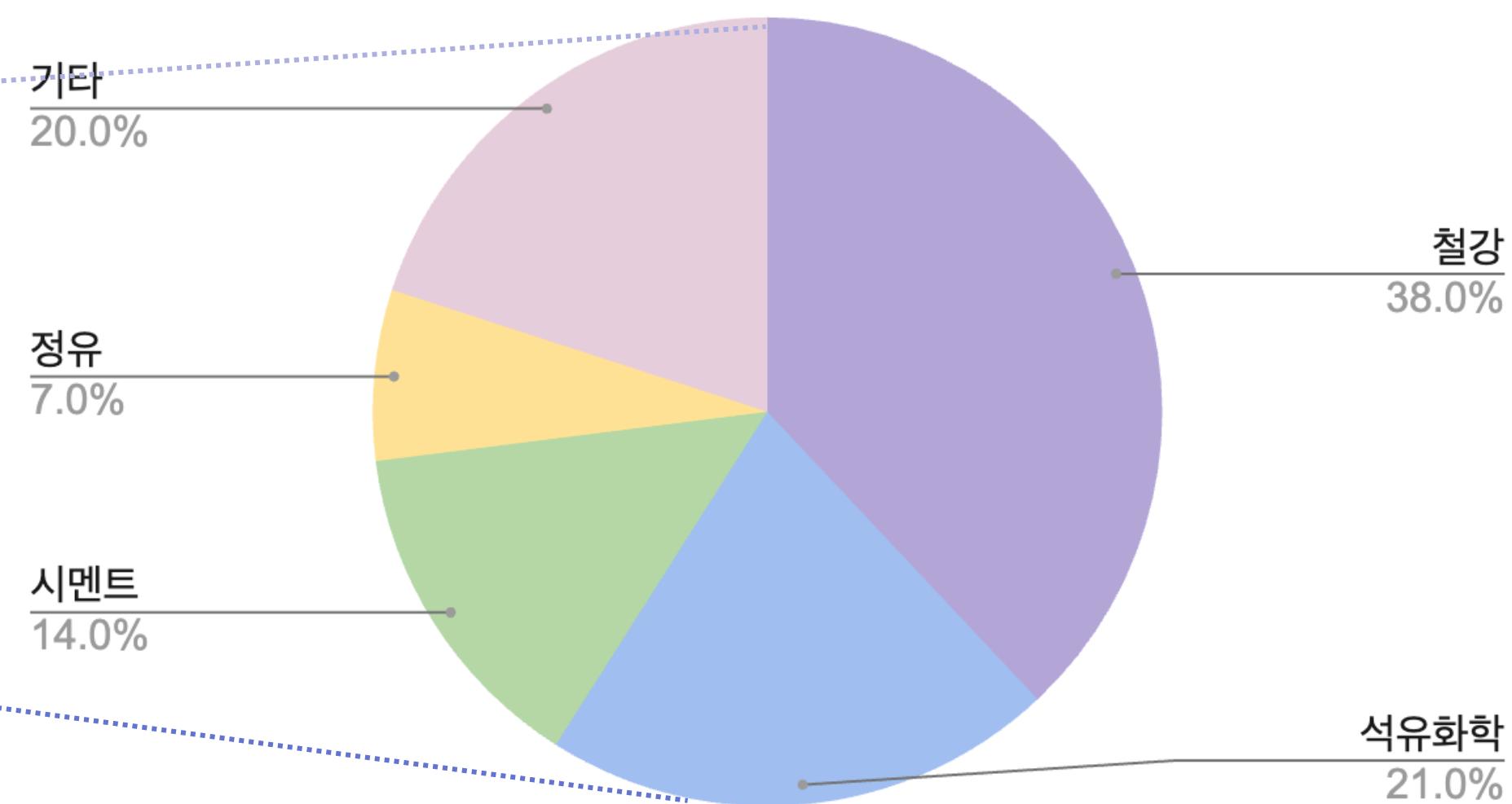
# 01 국내 산업 부문 진단

## 국내 산업 부문 온실가스 배출 현황

국가 부문별 온실가스 배출량 비중 (2024)



산업 부문별 온실가스 배출량 비중



출처: 환경부 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량」 보도자료

- 산업 부문은 우리나라 온실가스 배출량 비중 1위
- 산업 부문 중 철강, 석유화학, 시멘트, 정유 업종 배출량 80% 차지

# 01 국내 산업 부문 진단

## 2035 국가 NDC - 산업부문

감축목표 수준(기준년도 2018년)

구분	부문	2018년	2024년	2035 NDC			
				△53%		△61%	
				배출량 ('18比 감축률)	감축량 ('24比)	배출량 ('18比 감축률)	감축량 ('24比)
배출	순배출량	742.3	651.4	348.9	△302.5	289.5	△361.9
	전력	283.0	218.3	88.3 (△68.8%)	△130.0	70.0 (△75.3%)	△148.3
	산업	276.3	250.9	209.1 (△24.3%)	△41.8	190.6 (△31.0%)	△60.3
	건물	52.1	43.6	24.2 (△53.6%)	△19.4	22.8 (△56.2%)	△20.8
	수송	98.8	97.5	39.3 (△60.2%)	△58.2	36.8 (△62.8%)	△60.7
	냉매	23.1	35.0	27.4 (+18.6%)	△7.6	25.5 (+10.4%)	△9.5
	농축수산	27.6	25.6	20.0 (△27.5%)	△5.6	19.5 (△29.3%)	△6.1
	폐기물	19.4	17.5	9.2 (△52.6%)	△8.3	9.0 (△53.6%)	△8.5
	탈루	3.7	3.2	2.6 (△29.7%)	△0.6	2.4 (△35.1%)	△0.8
	수소	0	0	8.1	+8.1	6.5	+6.5
흡수 및 제거	흡수원	-41.6	-40.2	-38.3	+1.9	-39.3	+0.9
	CCUS	0	0	-11.2	△11.2	-20.3	△20.3
국제 감축		0	0	-29.8	△29.8	-34.0	△34.0

탄소중립녹색성장위원회. (2025, 11월 10일). '35년까지 '18년 대비 온실가스 53%~61% 감축. 보도자료

하한선  
-53%

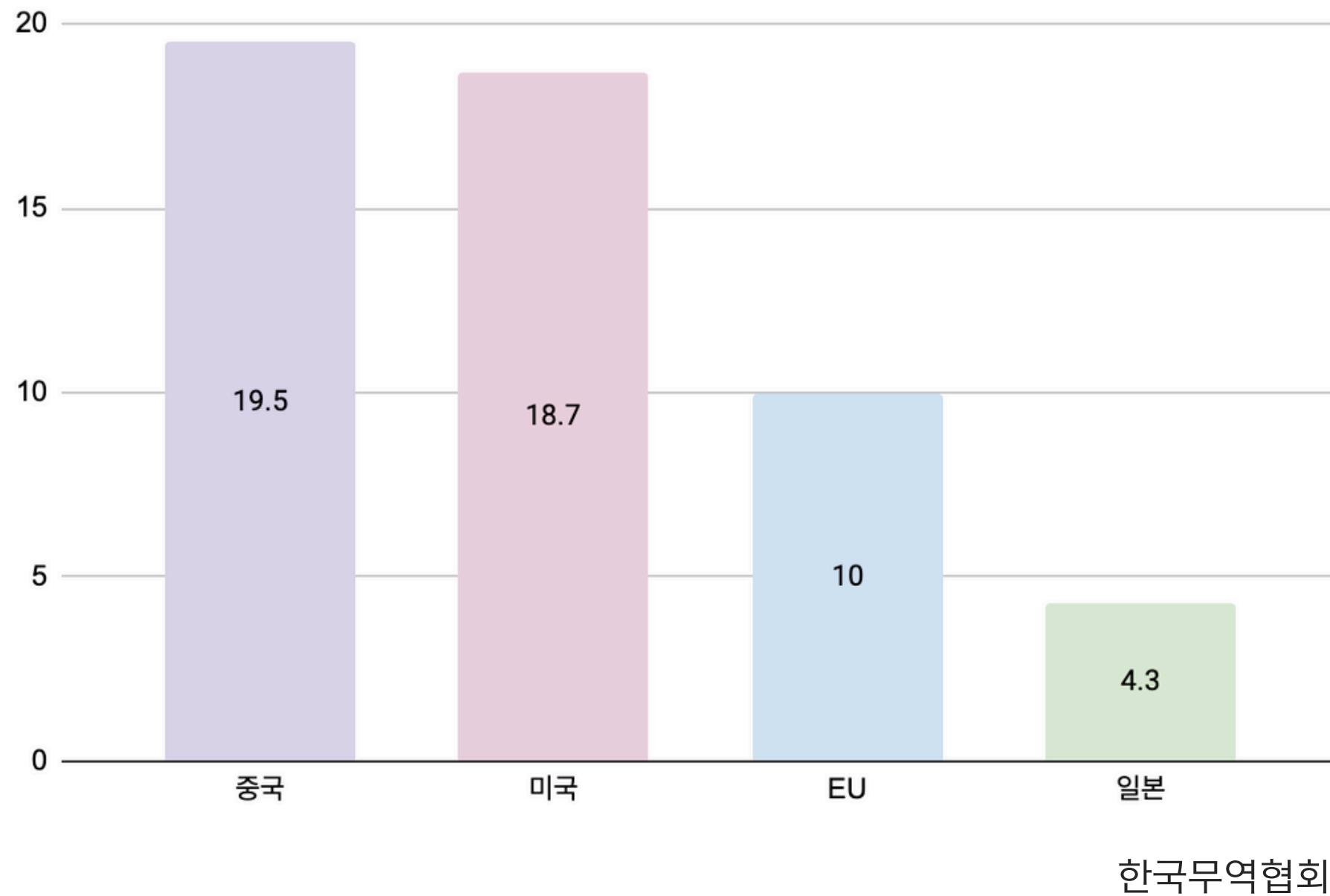
상한선  
-61%

- 같은 안에서 전력·건물·수송 부문은 대체로 50~70% 감축을 목표
- 반면 산업 부문은 53%안에서 24.3%, 61%안에서 31% 감축 목표
- 냉매의 증가를 포함하면 상쇄되어 결과적으로 실질적 감축은 더 줄어듦

# 01 국내 산업 부문 진단

## 높은 수출 의존도

주요 상대국별 수출비율

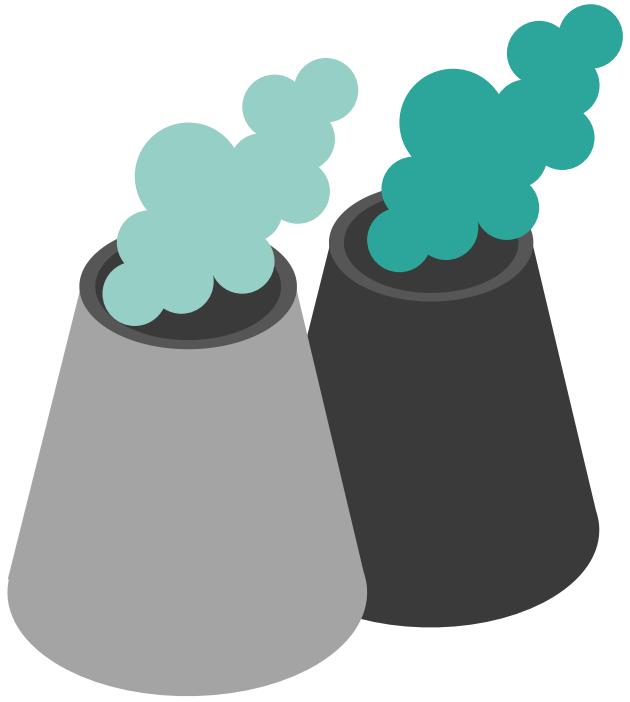


- 저탄소 무역장벽을 쌓고 있는 EU는 한국의 세 번째로 큰 수출 시장 → 전체 수출의 약 10퍼센트 차지
- 글로벌 대형 고객사들의 RE100 요구
- 산업 부문의 온실가스 감축은 '선택적 노력'이 아닌 '글로벌 생존 전략'

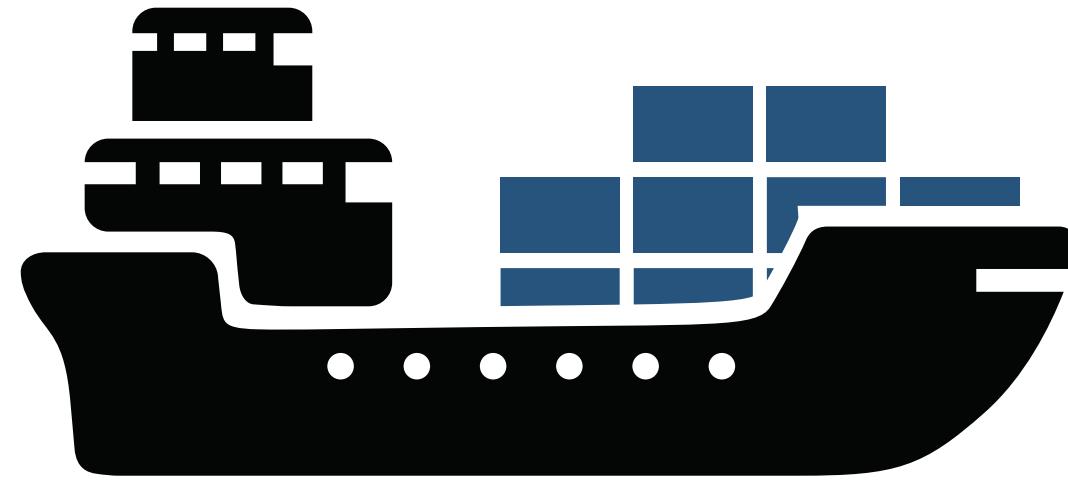
# 01 국내 산업 부문 진단

결론

탄소 다배출 구조



높은 수출 의존도



온실가스 감축을 위한 기술 개발, 투자가 절실한 상황

## 02 산업 분야의 온실가스 규제

### CBAM Carbon Border Adjustment Mechanism

#### 개념

- 탄소 집약적 제품을 대상으로 수입 시 생산 단계 탄소배출량에 비례해 비용을 부과하는 제도

#### 과정

- 2023~2025: 보고의무
- 2026~: 실제 비용 부과 (약 60~90유로)

## 02 산업 분야의 온실가스 규제

### RE100

#### 개념

- 글로벌 기업이 전력 사용의 100%를 재생에너지로 전환하겠다는 국제  
이니셔티브

#### 내용

- 반도체, 배터리, 전기차 등 한국의 주력 산업은 모두 RE100 압력을 직  
접적으로 받는 구조
- 위 제도를 충족하지 못하면 주문, 계약, 파트너십에서 배제될 가능성  
커짐
- 한국은 총발전량 대비 신재생에너지 비중이 OECD 최하위권 (2023년  
도 기준 9.67%), PPA(전력구매계약) 가격도 높아 기업이 돈이 있어  
도 RE100을 달성하기 어렵다는 구조적 문제 존재

## 02 산업 분야의 온실가스 규제

### CSDDD

Corporate Sustainability Due Diligence Directive

#### 개념

- EU 공급망 실사 의무법

#### 내용

- 공급망 전체에 대해 환경, 인권 실사 의무화
- 위반 시 기업의 법적 책임 발생

#### 영향

- 유럽과 거래하는 모든 기업은 환경, 탄소 자료 제출 필수
- 데이터, 서류 미흡 기업 → 거래 종료 가능성
- 탄소배출량 데이터 품질, MRV 체계 강화 필요

## 02 산업 분야의 온실가스 규제

CSRD

Corporate Sustainability Reporting Directive

### 개념

- EU 지속가능성 공시 규제

### 내용

- 기존 비재무정보 공시 (NFRD) → 대폭 강화
- 환경, 사회, 거버넌스 전 영역 정량 공시 의무화

### 영향

- EU 법인 + EU 매출 1.5억 유로 이상 비EU 기업 포함  
(한국 기업 다수 해당)
- Scope 1, 2 (자기 공장 배출, 전기 사용 배출) 넘어 Scope 3(공급망 배출)까지 공개 필수.

## 03 국내 산업분야 온실가스 감축 정책 추진 현황 업종별 감축 목표 요약

철강 - 2030년까지 2018년 대비 2.3% 감축 목표를 설정하고, 고로 효율화/전기로 확대/수소환원제 철 도입 등 단계적 탈탄소 전환 추진 중

석유화학 - 2030년까지 2018년 대비 20.2% 감축 목표를 설정하고, 대체연료/재생에너지 활용 기술 개발을 진행 중

시멘트 - 2030년까지 2018년 대비 12% 감축 목표를 설정하고, 원료 대체와 연료 대체 중심의 감축 전략을 추진하며 CCUS를 병행

정유 - 2030년까지 2018년 대비 11.4% 감축 목표로 설정하고, 원유 정제 과정에서 사용되는 고탄소 연료를 전기화열로/바이오매스 보일러 등으로 전환하는 연료전환을 추진

-> 산업부문 온실가스 감축 재정투입 규모는 온실가스 감축인지  
예산 기준 2025년 11개 부처, 67개 세부사업, 2조 8,903억원 수준

## 03 국내 산업분야 온실가스 감축 정책 추진 현황

### 국내 산업 부문 탄소중립 추진 상황

#### 1. 녹색기술 혁신을 위해 R&D 투자 확대와 상용화 지원을 강화

- 기후기술 기본계획 및 탄소중립 기술혁신 로드맵 이행
- 한국형 100대 핵심기술 지속 육성
- 탄소중립 테스트베드 조성 및 조기 상용화 추진
- 범부처 R&D 컨트롤타워 구축 및 전과정(기획~상용화) 관리 강화

## 03 국내 산업분야 온실가스 감축 정책 추진 현황 국내 산업 부문 탄소중립 추진 상황

2. 지속가능한 녹색산업 생태계 구축을 위해 저탄소 소재/부품/장비/ 및 재제조 산업을 육성하고 에너지 신사업 핵심기술을 확보

- 저탄소 소재·부품·장비 및 재제조산업 육성
- 에너지 신산업 핵심기술 조기 확보
- 4차 산업혁명 기술을 활용한 녹색산업 혁신 및 스마트 생태공장 확대
- 규제혁신 과제 발굴 및 개선, 저탄소 기술 실증특례 및 인허가 규제개선 추진

## 03 국내 산업분야 온실가스 감축 정책 추진 현황 국내 산업 부문 탄소중립 추진 상황

3. 녹색금융 활성화 및 기후리스크 대응을 통해 탄소중립 이행을 위한 재정적 기반을 강화

- 기후대응기금 및 정책금융 지원 확대
- 온실가스 감축 인지 예산제도 지속 개선
- 환경정보공개 대상기업 단계적 확대
- 녹색분류체계 적용 금융상품 확대 추진
- "기후경제 시나리오" 마련, 국민연금의 석탄산업 투자 제한 추진

## 03 국내 산업분야 온실가스 감축 정책 추진 현황 정책 및 규제 주요 지원현황

### 감축설비 지원

- 신재생에너지 설비, 폐열회수이용설비, 탄소포집 설비 등 직접적인 탄소감축을 유도하는 설비의 설치비용 지원

### 금융 지원

- 기업이 탄소중립 전환에 필요한 자금을 원활하게 확보할 수 있도록 시중은행 저리 대출(융자), 녹색채권 발행 등 지원

### 컨설팅 지원

- 온실가스 배출계수 개발, ESG 경영진단, CBAM·공급망 실사 등 기업의 탄소 체질 개선 및 국제 규제 대응 과정에서 필요한 내용을 맞춤으로 안내/지원

### 기술개발 R&D

- 신기후체제 대응 환경기술 개발, 주요 온실가스 다배출 업종탄소감축기술 개발 및 상용화 지원

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 철강

## 철강 산업의 현황

- '24년 산업 배출량 중 35.0%(100백만톤)
- 철광석과 코크스를 활용해 철강을 생산하는 고로-전로에서 대부분 배출(85%)



신화망, "고부가가치 제품 개발로 철강산업의 질적 고도화 추진하는 '철강메카'," 2021년 12월 10일,

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 철강

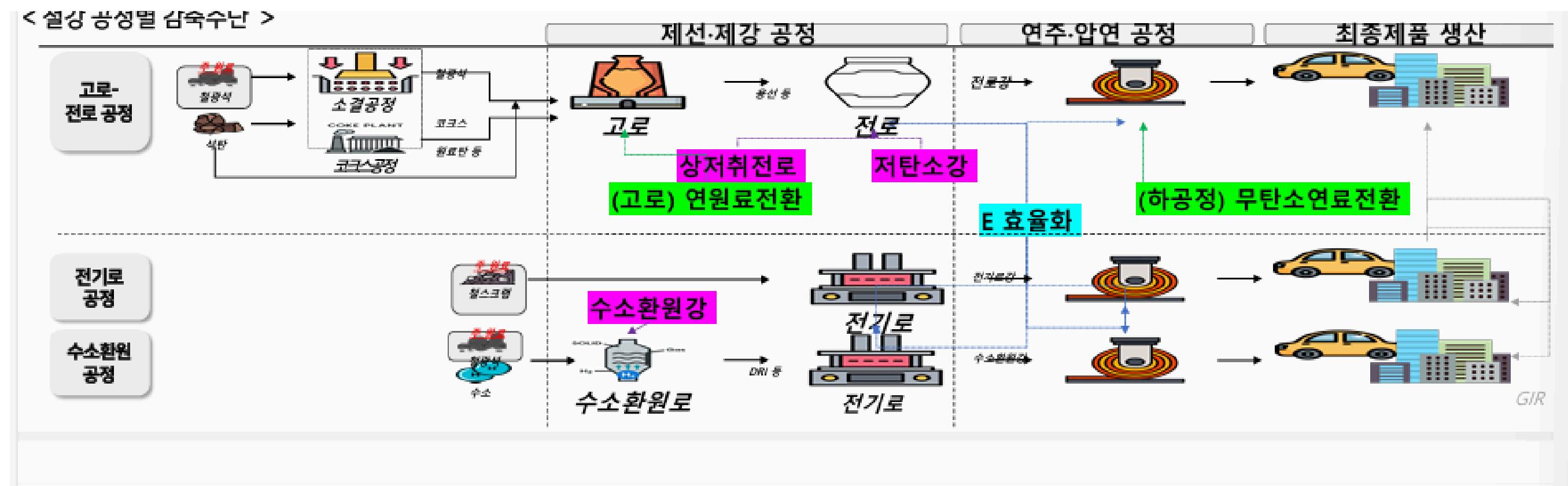
## 철강 감축 기술 및 수단

### 1. 수소환원제철 도입

- 현황: 예비타당성 조사 통과, 하지만 아직 경제성, 비용확보 측면 주요 난제
- 도입목표
  - NDC 48%~61%안에 근거하여 수소환원강 150만 톤 생산을 핵심 목표로 설정
  - 65% 감축 목표 달성을 위해서는 '35년 이전의 조기 도입이 요구됨

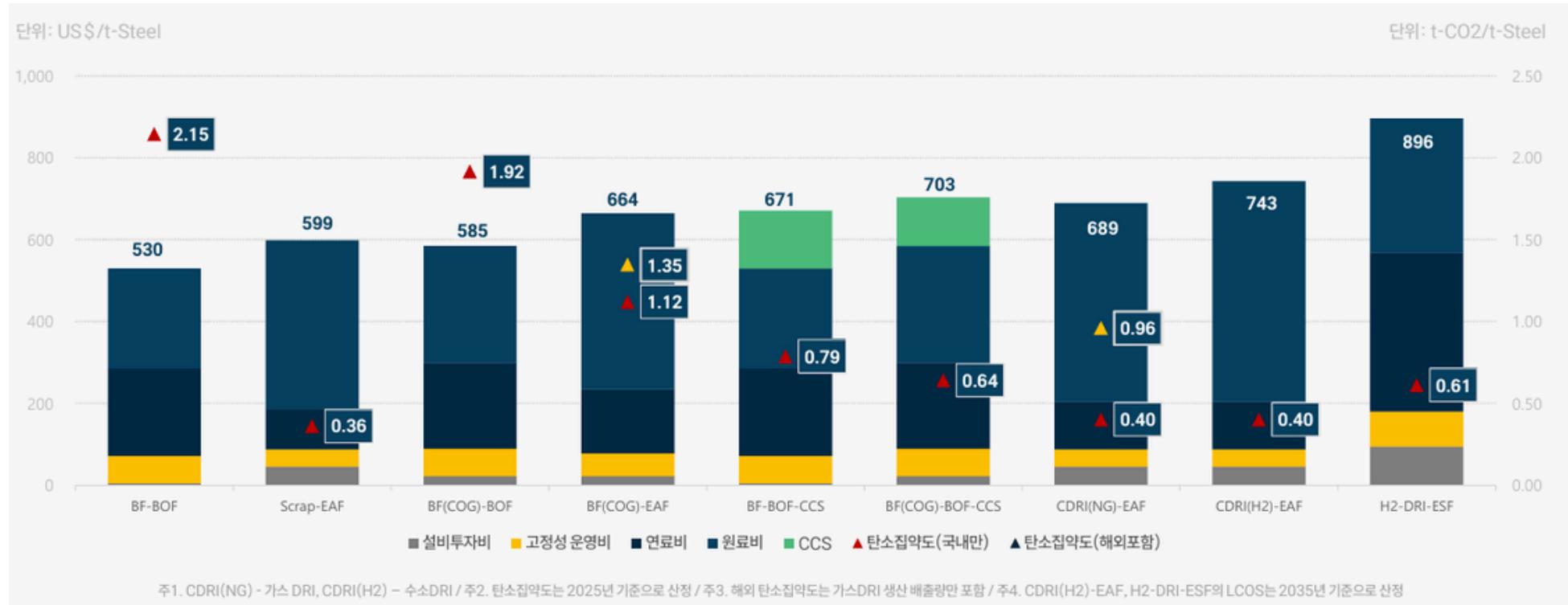
### 2. 저탄소강 실행

- 고로 용선(철광석)과 전기로 쇳물(철스크랩) 합탕을 통해 배출량 감소
- 현황: 30년까지 글로벌 그린 철강 시장이 2억 톤 규모로 성장할 것으로 전망
- 해결과제: 기존 방식 대비 높은 생산 비용, 고품질 철스크랩 등 저탄소 원료 수급 애로, 전력 요금 부담 증가
- 도입목표:
  - 저탄소강 생산량을 990만 톤 이상으로 증대( 48%~53%안 기준)



# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 철강

## 생산기술별 탄소 감축 비용



환경부. (2025). 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 자료집. (2025.9.19.~10.2.).

- BF-BOF (고로-전로 공정): 가장 기본적인 현재 기술로, 생산 비용이 530으로 가장 낮음
- H2-DRI-ESF (수소환원제철 공정): 수소 기반의 완전 탈탄소 기술로, 생산 비용이 896으로 가장 높음. 이는 BF-BOF 대비 약 69% 증가한 수준
- 중간 브릿지 기술 (BF(COG)-EAF, DRI-EAF): CCS를 적용한 기술을 포함하여, 대부분 600~743 수준으로, 기존 고로 공정 대비 최소 25% 이상의 비용 상승이 예상

## 시사점

수소환원제철의 단위당 탄소감축 비용이 제일 높음

1. 탄소가격 최소 91달러/tCO<sub>2</sub>, 최대 239달러/tCO<sub>2</sub>는 되어야 자발적 감축의 유인이 생김
  - a. 배출권거래제만으로는 단기간에 실현되기 어렵울 것
  - b. 추가적인 탄소가격제도의 필요성 (ex: 탄소세)
2. 현재의 전통적인 고로-전로 공정(BF-BOF)에 비해 탄소 저감 기술을 적용한 공정들은 생산 비용이 최소 25%에서 최대 69%까지 증가

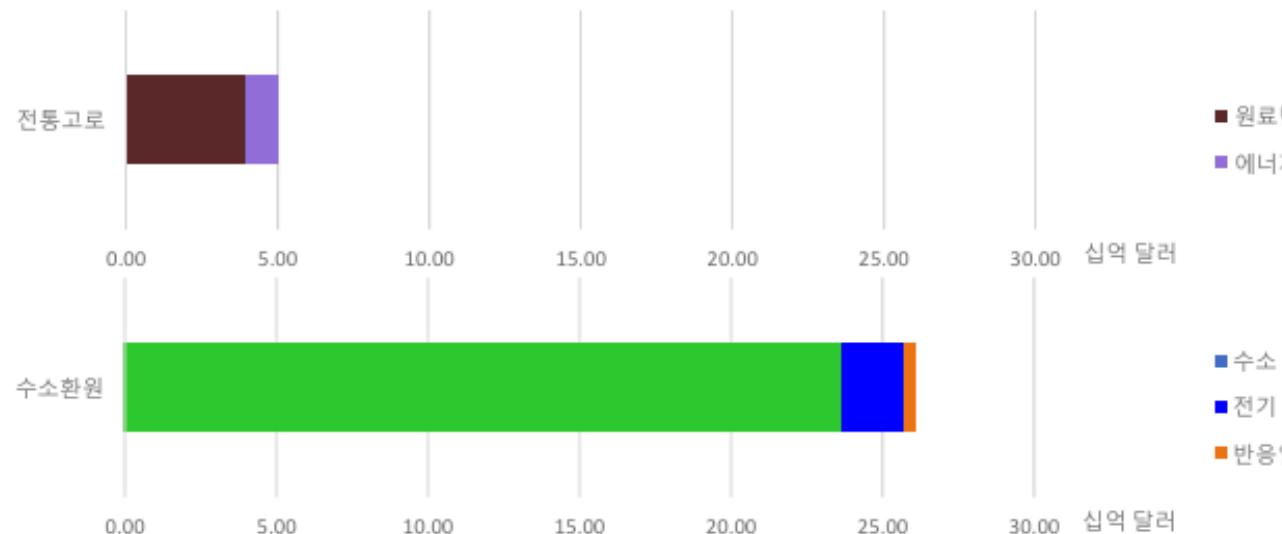
주. 국내 배출량 기준으로 산정되었음

환경부. (2025). 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 자료집. (2025.9.19.~10.2.).

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 철강

## 연구 결과: 탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구

[그림 4-1] 전통 고로 공정과 수소환원제철 공정의 생산 비용 비교

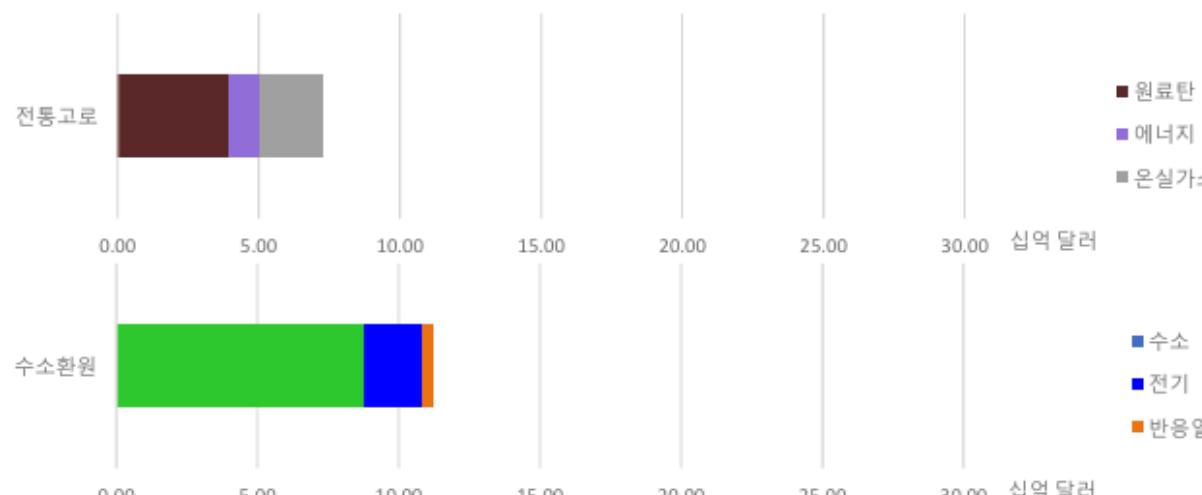


주: 생산비용에 포함된 것은 각 공정의 연료비와 원료비이다. 철광석은 각 공정에 공통으로 투입되어 관련 비용이 동일하다고 가정  
하였으므로 비용 비교에서 제외되었다. 계산에 사용된 자료는 <표 4-1> 참고

자료: 본 장의 2.1절 설명을 바탕으로 저자 작성

- 수소환원제철 기술의 연구비용, 설비, 건설비 제외 연료비, 원료비만 비교했을 때 전통 고로 방식 대비 5배 이상의 비용 발생
- 정부의 2050 목표 (수소 kg당 2500원) 달성 하더라도, 전통 고로 방식 대비 경제성을 가지기에는 어려움
- 경제성을 가지려면 수소 가격이 목표 수준에 도달하는 것과 더불어, 전통 고로에 부과되는 탄소 가격이 2020년 대비 3배 수준까지 급격히 상승하고 배출권 유상 할당 비율이 100%가 필요

[그림 4-3] 전통 고로 공정과 수소환원제철 공정의 생산 비용 비교  
(온실가스 비용 추가+2050년 수소 목표 가격 적용)



주: 생산비용에 포함된 것은 각 공정의 연료비와 원료비이다. 철광석은 각 공정에 공통으로 투입되어 관련 비용이 동일하다고 가정  
하였으므로 비용 비교에서 제외되었다. 계산에 사용된 자료는 <표 4-1> 참고

자료: 본 장의 2.1절 설명을 바탕으로 저자 작성

## 해결방법

- 탄소비용의 현실화
  - a. 전통 공정에 대한 패널티
    - 탄소세
    - 배출권 유상할당
  - b. 수소 공급의 하락
    - i. 발전단기가 낮은 원자력을 활용한 수소 생산 활용

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 철강

## 탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구

### 결론

1. 철강업은 탄소저감에 있어 난이도가 굉장히 높음:  
연구개발비, 설비, 건설비까지 고려하면 2050년까지의 탄소  
중립은 **비현실적**



2. 산업 부문 별 탄소 감축 난이도 차이를 무시하고 산업 전  
부문 2050 탄소중립은 **무리이다.**

3. 무리한 목표보다는 우리나라의 제조업의 근간이 되는 철  
강 산업의 타격 방지를 위해 정책의 속도와 목표 시점을 합  
리적으로 **재조정해야함**

석탄에서 수소로,  
**수소환원제철로**  
**철의 새로운 역사를 열다**



포스코뉴스룸. (2023년 7월 6일). 석탄에서 수소로, 수소환원제철로 철의 새로운 역사를 열다. [온라인]. 이용 가능

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 석유화학

## 추진방향

01

고부가 생산 전환

사업 구조 전환을 통해

석화업계 고부가 전환

02

무탄소 연료 전환

나프타 분해공정에서 사용되는

LNG를 전기/수소로 전환

03

부생가스 고부가 전환

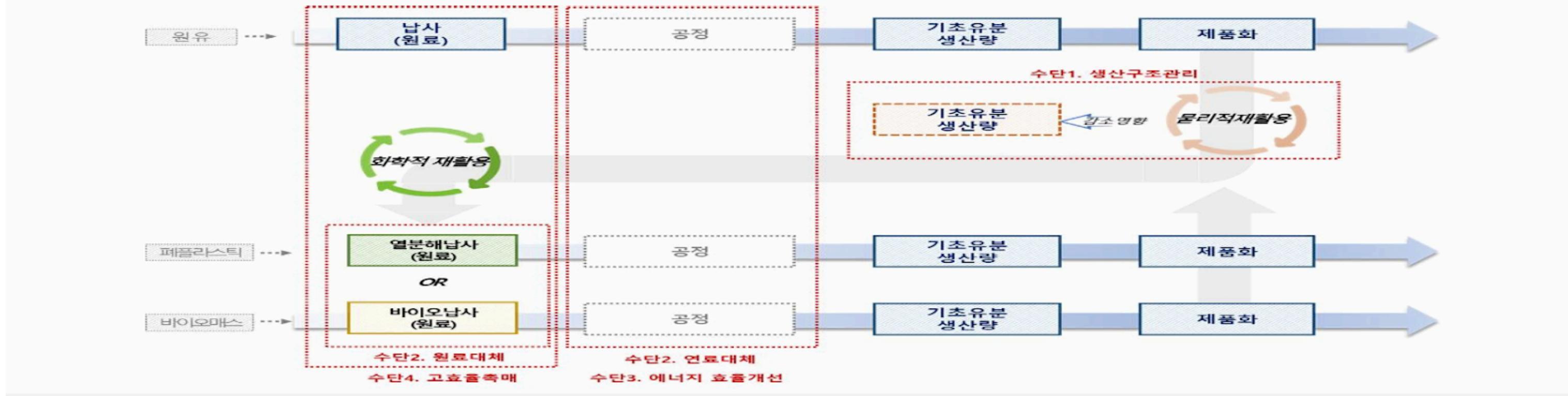
나프타 분해공정에서 발생하는

부생가스를 활용해 제품 생산

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 석유화학

## 석유화학 감축 기술 및 수단

<석유화학 공정 및 감축수단>



### 수단 1: 생산 구조 관리

생산 구조 관리 생산된 기초 유분 생산량을 재활용하는 경로로, 생분해 및 물리적 재활용을 통해 제품화 단계에 영향을 줌

### 수단 2: 원료 대체

기존 납사 외에 다른 원료를 투입하여 기초 유분 생산을 유도

### 수단 3: 에너지 효율 개선

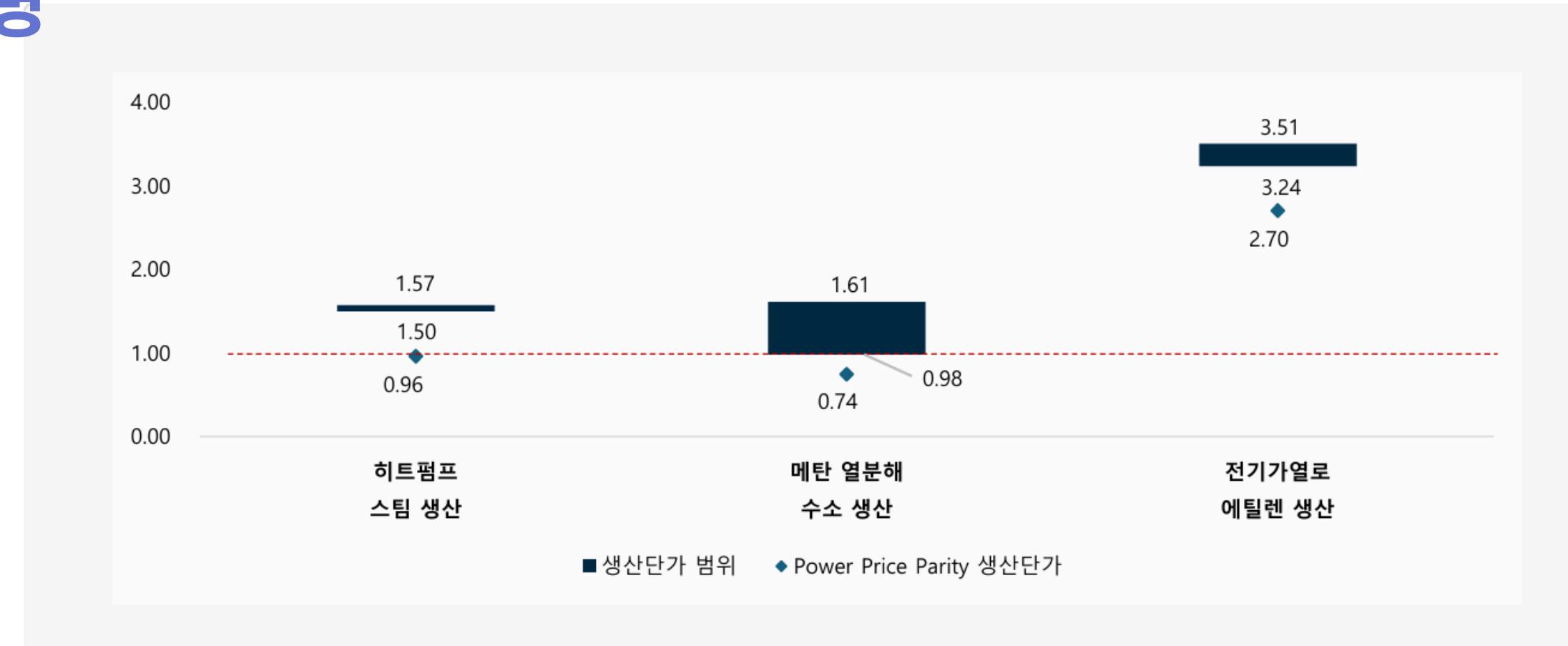
기존 공정(점선 박스)에서 에너지를 효율적으로 사용하여 탄소 배출을 줄이는 것을 의미

### 수단 4: 고효율 촉매

납사(원료)를 공정 과정에서 효율적으로 사용하여 납사 사용량을 절감하는 것을 의미

환경부. (2025). 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 자료집. (2025.9.19.~10.2.).

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 석유화학 감축 기술 설명



환경부. (2025). 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 자료집. (2025.9.19.~10.2.).

- 히트펌프 스팀 생산 (무탄소 연료 전환)
  - 기존 NCC(납사 분해시설)에서 LNG 연소로 가열하던 열원을 **전기로** 대체하여 에틸렌을 생산
- 메탈 열분해 수소 생산 (부생가스 고부가 전환 및 무탄소 연료 전환)
  - 천연가스(메탄)를 촉매나 고열을 이용해 **수소와 고체 탄소**(카본블랙 등 고부가 부산물)로 분해
- 전기 가열로 에틸렌 생산 (무탄소 연료 전환)
  - 기존 NCC(납사 분해시설)에서 LNG 연소로 가열하던 열원을 **전기로** 대체하여 에틸렌을 생산

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 석유화학 도입 가능성: 경제성 평가

- 히트펌프 스팀 생산 (무탄소 연료 전환)
  - 히트 펌프 스팀생산은 현재대비 1.5배 내외의 생산 단가 상승이 예상되며 최저/최대 생산단가의 차이는 설비 효율에서 기인
- 메탈 열분해 수소 생산 (부생가스 고부가 전환 및 무탄소 연료 전환)
  - 메탄 열 분해 수소 생산의 경우 실증을 진행 중인 생산단가가 최소 0.98배에서 최대 1.61배까지 넓은 범위에서 변동하지만, 고부가 가치 부산물인 카본블랙 판매수익을 고려하면 기존보다 낮은 생산단가도 가능. 전력가격균등화시 최대26% 비용절감 효과가 나타남
- 전기화열로 에틸렌 생산 (무탄소 연료 전환)
  - 전기화열로 기반 에틸렌 생산단가는 현 수준 NCC 대비 투입되는 전력량이 약 6배 늘어날 것으로 추정, 부생메탄 판매 수익을 고려 하여도 생산단가는 3.2~3.5배 증가

## 시사점

- 석유화학산업 수출은 전체 수출의 7.0%를 차지하는 주요 수출산업으로 국제적 환경규제의 영향을 크게 받을 수 밖에 없음
- 석유화학산업은 유럽의 CBAM 뿐만 아니라 에코디자인 규정(지속가능한 제품을 위한 에코디자인 규정) 등과 같은 대응책을 마련 해야 함

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 시멘트

## 추진 방향

- 제도 개선 (품질 기준인 KS 규격 재개정)을 통해 시장의 품질 우려를 해소하고, 저탄소 인증 및 공공 부문 의무 조달을 통해 초기 시장을 활성화
- 혼합시멘트의 초기 강도 및 장기 안정성 확보를 위한 R&D 지원이 중요

## 혼합 시멘트 확대 및 포틀랜드 시멘트 혼합재 비율 확대

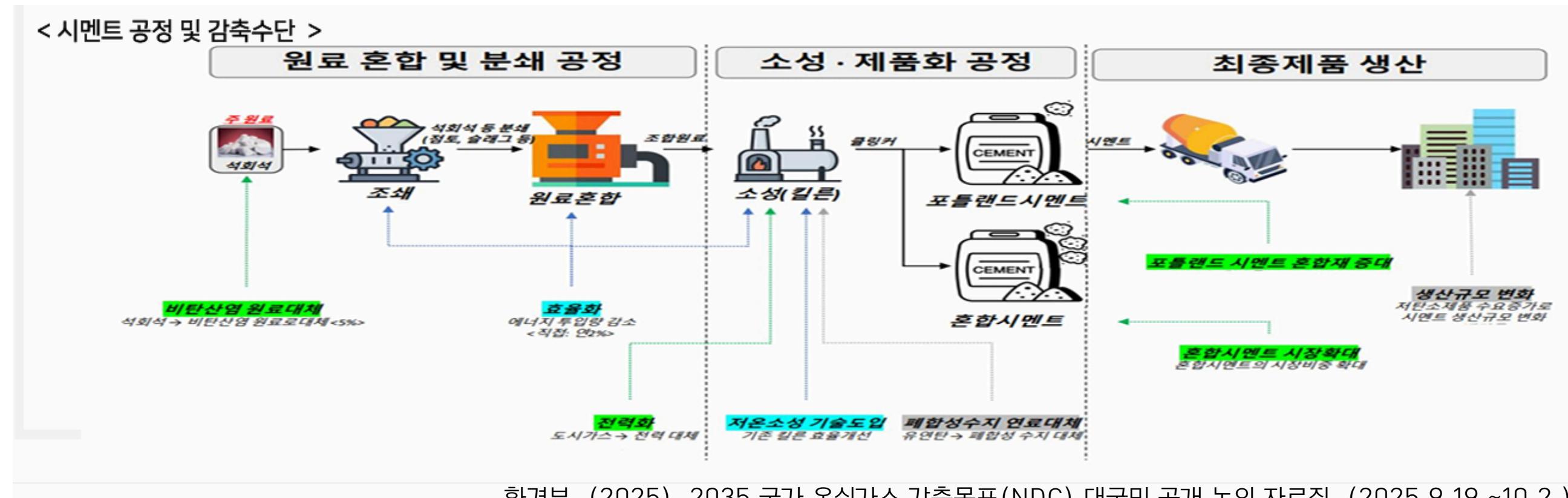
- 혼합시멘트는 환경성이 우수함에도 불구하고, 긴 양생 기간과 품질 관리의 어려움 등으로 인해 시장 수용성이 저조한 상황(점유율 16.5% 수준)
- '30년까지 혼합재 함량을 15%로 확대하는 것을 목표



김대은. (2021년 1월 20일). 시멘트 산업, 친환경 정책 영향 순환자원 관련 투자 지속 전망. 산업일보. [온라인].

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 시멘트

## 시멘트 감축 기술 및 수단



## 감축 기술 설명

1. 혼합시멘트: 탄소배출이 많은 석회석 대신 혼합재 비율이 높은 혼합 시멘트 생산
2. 포틀랜드 시멘트 혼합 비율: 크링커 저감을 위해 혼합재 함량 증가 (최대 10%)
3. 비탄산염 대체: 클링커 배합단계에서 석회석 대신 비탄산염 사용
4. 연료대체/전력화: 킬른 내 e원을 폐합성수지로 대체/도시가스를 전기로 대체

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 시멘트

## 도입 목표

- 혼합시멘트 생산 비중을 40% 이상으로 확대
- 폐합성수지 연료대체를 50% 이상으로 상향하여 산업 구조의 근본적인 전환을 유도할 계획

## 시사점

- 시멘트 생산과정 중 소성 공정에서 고온의 연소 공기에 포함된 질소가 질소산화물로 전환되어 배출, 연료 중 질소 성분이 산화되어 배출 그러나 기술적 제약, 설치 공간의 한계, 촉매 막힘 문제, 에너지 비용 증가 등의 문제로 질소산화물 저감을 위한 선택적 촉매환원 장치 도입이 어려움 (Catalytic Reduction 설치비는 길른 1기당 300억원, 운영비는 270억원 정도로 추산)
- CCUS 기술 도입은 상당한 비용을 수반, 기업에게 비용부담
- 현재 국내 시멘트 산업의 R&D 투자 규모는 약 1.2% 수준으로 유럽(3.5%)이나 일본(4%)에 비해 낮음
- 시멘트 산업의 탄소중립과 관련된 5개 핵심 기술 중 신열원 기술개발이 신규 추진되지 못하고 있으며 비탄산염 원료 대체 기술 또한 예산이 확보되지 않아 실증 단계가 지연

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 정유

## 기본정제공정

정유를 상압에서 가열하여 비등점 차이를 이용해 휘발유, 나프타, 등유 등을 생산하는 정유산업의 대표적인 공정

## 고도화공정

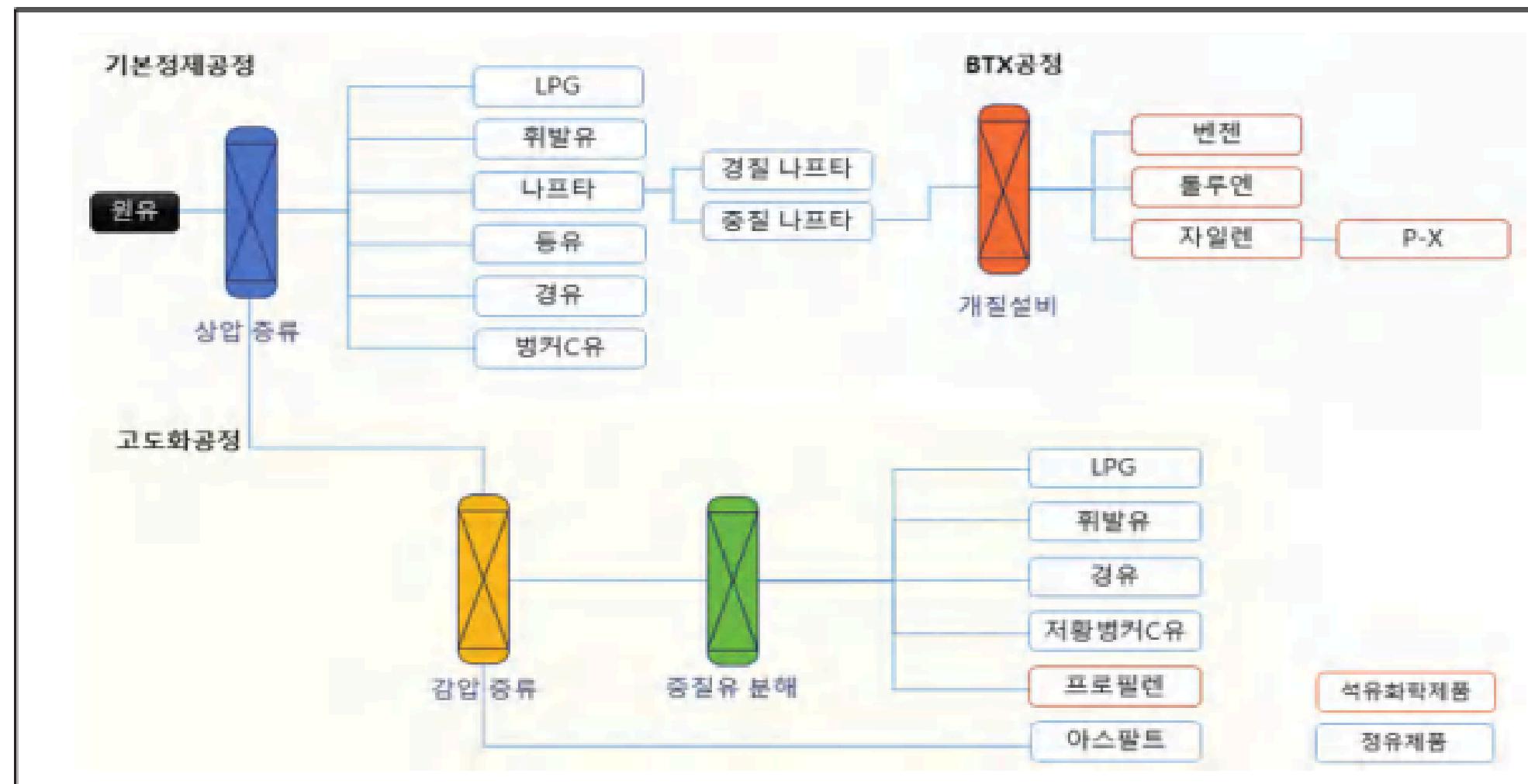
상압증류 공정 후 잔여물인 중질유를 열 등을 가해 분해하여 고부가 정유제품(휘발유, 경유 등)과 석유화학제품(프로필렌) 등을 생산하는 공정

## BTX 공정

나프타는 비중에 따라 경질 및 중질 나프타로 나뉘며, 중질 나프타로부터 기초석유화학제품인 BTX(벤젠, 톨루엔, 자일렌)를 생산하는 공정

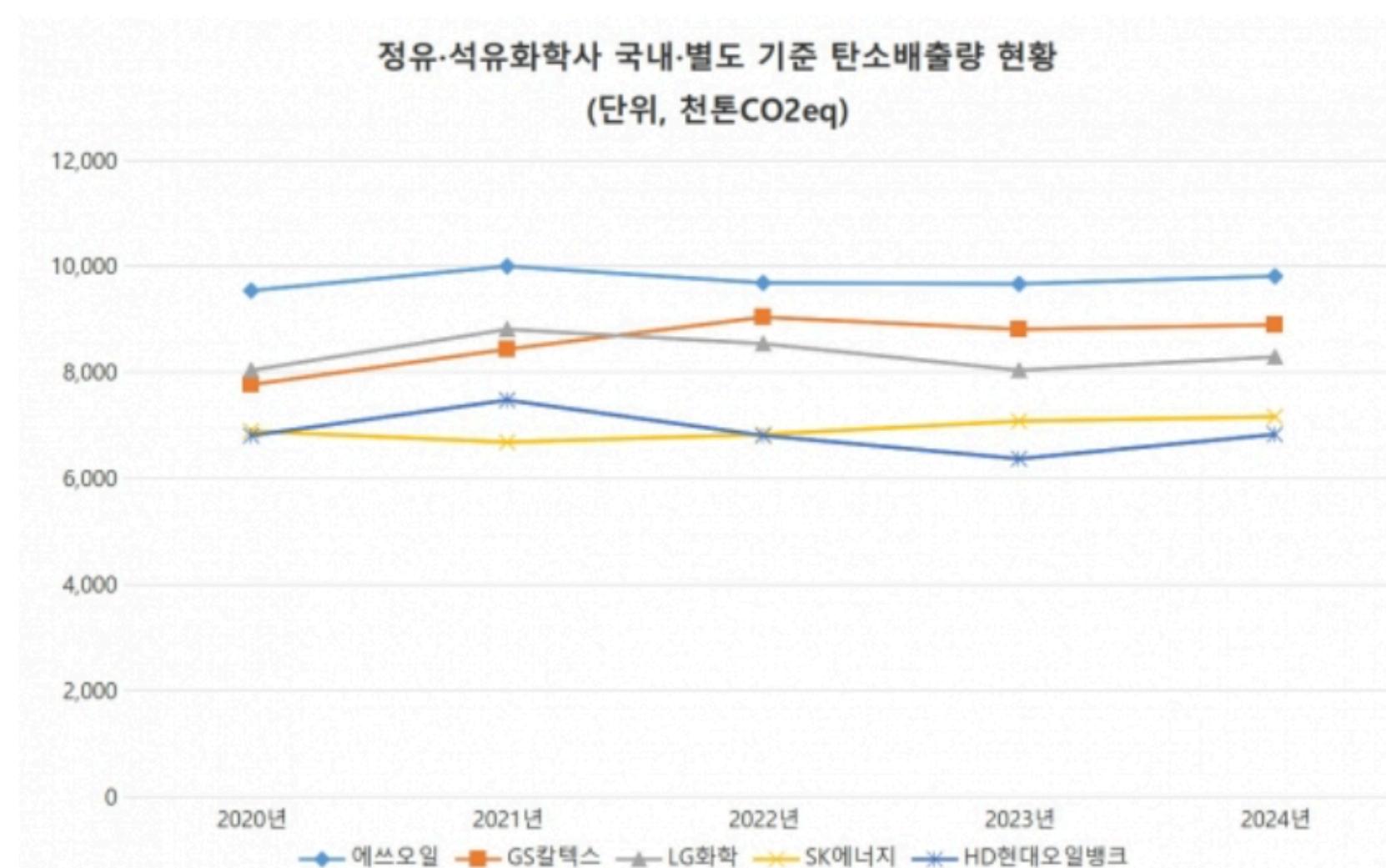
〈그림 6〉

정유산업의 주요공정 및 생산제품



자료 : 당행작성

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 정유



연도별 목표와 실행전략, 투자전략 등을 수립 및 발표하고 있는 글로벌 경쟁사와 비교하면, 계획이 들판 들판하다고 지적

기업	탄소 감축 목표
에쓰오일	2050년까지 국내 순배출량 넷제로. BAU 대비 2030년까지 35%, 2035년까지 50% 감축
GS	X
LG	2050 넷제로. 2030 탄소중립성장 (2030년에도 2019년 수준 탄소배출량 유지)
HD 현대오일뱅크	2050 넷제로. 온실가스 배출 원단위 기준 직전년도 대비 1% 감축
SK 에너지	2019대비 2025까지 25% 감축. 2050 이전 넷제로 달성

→ 정량 목표 불분명 및 소극적인 태도

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 정유

## 정유 감축 기술 및 수단

### 저탄소연료 전환

1. 정유 산업에서 사용되는 석탄/석유류를 LNG (저탄소) 또는 수소 혼소(무탄소)로 대체하여 화석연료 사용 감축
2. 효과: LNG는 석탄이나 중유 대비 탄소 배출이 적은 저탄소 연료이며, 수소를 혼합하여 사용하는 수소 혼소는 무탄소 연료로 나아가기 위한 단계

### 재생 바이오 석유제품 생산

1. (바이오 석유) 식물성 기름 등 바이오매스를 정제하여 만든 재생 가능한 액체 연료를 통해 기존 석유 사용 대체
2. 효과: 생산된 바이오 석유(예: 바이오 디젤, 바이오 항공유)는 기존의 석유 제품 사용을 직접적으로 대체하여, 연소 시 발생하는 탄소 배출량을 상쇄하거나 줄이는 효과를 가져옴

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술: 정유 정유산업에서의 CCUS

## 감축 방안 설명

- 정유 공정 중 수소 제조 공정에서 발생하는 이산화탄소가 포집이 비교적 용이하여 이를 중심으로 적용 방법을 모색 중
- 정유 기업들은 탄소 포집이 용이한 특정 공정에서 CCUS 기술을 적용하는 방안을 모색 중

## 시사점

- 정유 공정은 고순도 제품 생산을 위한 탈황 공정 등에 필요한 수소를 LPG, 나프타 등을 원료로 제조하는데, 이 과정에서 화학 반응을 통해 다량의 이산화탄소가 부산물로 발생함

## 04 산업분야의 온실가스 감축 기술:CCUS

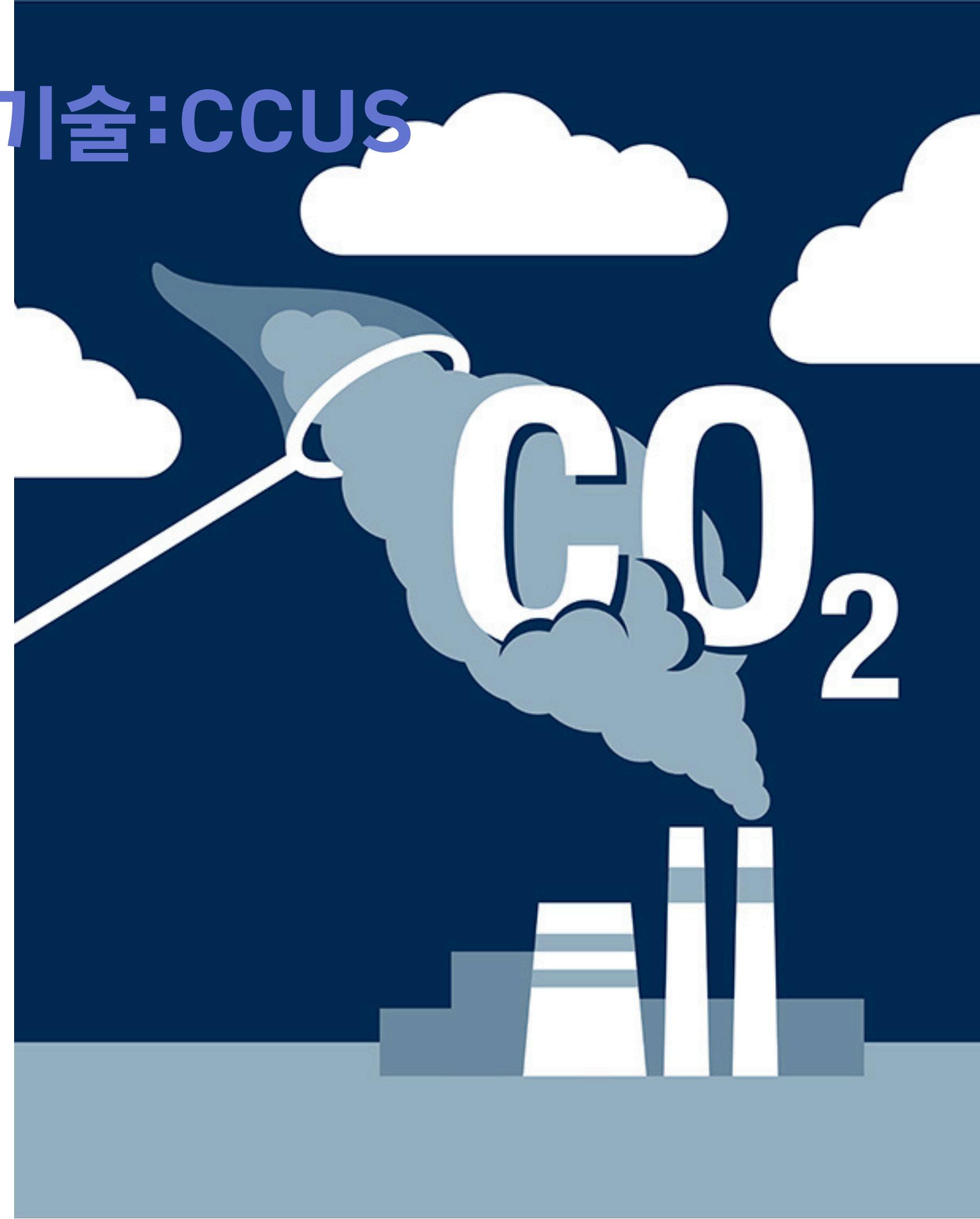
### CCUS 기술 평가

CCUS(탄소 포집·활용·저장) 기술은 탄소 저감에 필수적이지만, 국내에서는 여전히 기술적 격차와 투자 부족

#### 국내 기술력 현황 및 과제

1.기술 수준: 국내 CCUS 기술은 미국을 기준으로 80% 수준에 머물러 있으며, 기술 격차는 5.0년으로 평가

2.투자 부족: 지난 10년간 CCUS 분야의 R&D 총규모는 4,600억 원으로, 과거 2010년 7월에 발표되었던 「국가 CCS 종합 추진계획」의 목표 투자 금액(1조 2,000억 원) 대비 50% 이하 수준에 불과



# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술:CCUS

01

포집

연소전포집

연소후포집

수산소연소기술

02

활용

전환 기술

ex: 연료, 플라스틱, 건축자재

비전환기술

ex: 용제 (EOR, 카페인 제거), 열전

달 유체

03

저장

지중 저장

해양저장

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술:CCUS

## 왜 필요한가

- 필수 기술 인식: 탄소 감축이 어려운 산업 분야에서 잔여 탄소 직접적으로 제거
- IEA 전망: 국제에너지기구(IEA)는 2070년까지 누적 탄소 감축량 중 15%를 CCUS가 기여할 것으로 전망
- 저탄소 생산 환경 구축: CCUS는 정유 기업이 추진하는 '저탄소 생산 환경 구축'의 주요 사례 중 하나

## 정부의 노력

- K-CCUS 추진단 발족: 정부는 CCUS 기술 개발과 상용화를 위해 민·관 합동 「K-CCUS 추진단」을 발족
- 목표: 2021년 4월 산업통상자원부는 이 추진단 발족식을 개최하고, CCUS 기술 개발 수요 파악, 정책 수요 발굴, 활성화 방안 마련 등을 중점적으로 추진 중
- 로드맵 발표: 정부는 이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술혁신 로드맵을 발표하여, 중점 기술, R&D 투자, 제도적 기반 마련 등 구체적인 추진 전략을 마련 중

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술:CCUS

## 비극적인 현상황

“수조원 규모의 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 사업이 10년 넘도록 실적이 전무하다. 특히 윤 정부는 투자 규모를 2조 원에서 4조 원으로 두 배 늘렸지만, 취재 결과 이 막대한 예산 확대가 과학적 실증 근거도 없이 추진된 것으로 확인됐다.”

CCUS 사업 실적 부진 및 정부 투자 확대의 문제점

1. 실적 전무 인정: 수조 원 규모의 CCUS 산업 10년 넘게 실적이 전무하다는 점 공식적으로 인정
2. 투자 확대의 근거 부재: CCUS 투자 규모의 막대한 예산 확대는 과학적 실증 근거 없이 추진됨.
  - a. 정부 관계자조차 목표 상향 근거가 "문서로 남아있지 않아 파악이 불가능하다"고 인정
3. NDC 목표 상향: 정부는 산업계의 온실가스 감축 목표를 810만 톤 늘린 대신, 이를 상쇄하기 위해 CCUS 감축 목표를 1,030만 톤에서 1,120만 톤으로 상향 조정. (90만 톤 증량)

# 04 산업분야의 온실가스 감축 기술:CCUS

## 국내 주요 CCS 사업 철회 사례

2030 NDC 감축 목표에 직접 기여 가능하다고 판단했던  
국내 주요 CCS 사업들이 모두 중단되거나 철회되었다.

1. 대심도 해양 탐사시추 (대규모 저장소 확보 사업)
  - a. 안전사고 발생 후 중단
2. 동해가스전 활용 실증 사업 (유일한 희망 부지)
  - a. 처음엔 40만 톤을 기준으로 R&D가 추진되었으나, 산업계 NDC 감축량 상쇄를 위해 정부가 갑자기 120만 톤으로 3배 상향했음
  - b. 결국 2조 투자해 30년 저장고를 7년으로 단축시킴
  - c. 현재: 산업부가 예비타당성 조사를 철회한 상태

CCUS 정책 연도별 주요 추진 정책 (2009년 ~ 현재)		
시점	정책/사업명	주요 내용 및 목표
2009년	KOREA CCS 2020 프로젝트	대규모 CCS R&D 및 인프라 구축을 위한 10년 로드맵
2010년	국가 CCS 종합추진계획	20년까지 100만톤급 대규모 CCS 통합실증 2기 완수, 처리 비용 단가 \$30/톤 목표 설정
2015년	2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립	2030년에 BAU 대비 37% 감축 목표 수립
2018년	2030 NDC 기본계획 및 기본로드맵 수정안	CCUS 기술을 통해 연간 1,030만 톤 NDC 감축으로 설정
2019년	제3차 녹색성장 5개년 계획 ('19~'23)	CCS 400만 톤, CCU 630만 톤으로 구체화하고, 2023년까지 CCUS 핵심 기반 구축 기간으로 설정
2021년	CCU 기술혁신 메가프로젝트	4개 CCU 전략제품을 중심으로 대형 포집시설 연계 통합 실증 및 CCU 상용화를 목표로 예비타당성 조사 기획 착수
2023년	국가탄소중립 녹색성장 기본계획 CCUS 산업·기술혁신 추진 <div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">대심도 해양 탐사시추를 통한 대규모 CO<sub>2</sub> 지중저장소 확보 사업 전면 중단</div>	NDC CCUS 감축 목표를 기준 1,030만 톤에서 1,120만 톤으로 상향 조정 국내 저장소 10억 톤 확보 목표와 함께, 2030년까지 동해 연간 120만 톤, 서해에 연간 100만 톤을 저장하는 목표 설정 탐사시추 플랫폼 설치 과정에서 기기 손상으로 인한 안전 사고가 발생
2024년	CCS 동해가스전 활용 실증 사업	연간 120만 톤의 CO <sub>2</sub> 를 감축하는 실증 사업 계획으로 예비타당성 조사 대상 선정
2025년	CCUS법 제정 <div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">CCS 동해가스전 활용 실증 사업 예타 철회</div>	2월 7일 시행. CCUS 사업의 실질적 효력 발생 산업부, 경제성 재검토를 이유로 잠정 철회

박소희. (2025년 10월 24일). 수조 규모 CCUS, 10년 넘게 '실적 제로'. 살아지구. [온라인]. 이용 가능: <https://disappearth.org/zero-ccus/>



## < IRA 주요 청정 에너지 세액공제>

# 05 해외 사례 분석

## 미국

### 인플레이션 감축법( Inflation Reduction Act, “IRA”)

2022년 8월 발효된 대규모 기후·청정에너지 지원법

- 재생에너지, 수소, 배터리 등에 대한 세액공제(ITC·PTC) 확대 및 현금화(양도·직접지급) 허용
- 당초 2,710억 달러에서 실제 수요 증가로 7,360억 달러로 170% 상향 조정
- 에너지 부문 전체 세액공제는 2023~2032년 1조 1천억 달러에 달할 것으로 예상
- 청정수소(Section 45V): kg당 최대 3달러 세액공제 지원
- CCUS(Section 45Q): 격리된 CO<sub>2</sub> 톤당 17달러(직접공기포집 36달러) 세액공제
- 청정연료(Section 45Z): 바이오디젤, 재생디젤, 대체연료 크레딧과 IRA의 지속가능항공연료(SAF) 크레딧
- **트럼프 대통령의 IRA 폐지 또는 보조금 축소 공약에 따른 정책 불확실성 존재**

구분	근거 법령	주요 대상 산업	특징 및 공제율	장점
투자 세액공제 (ITC)	§48, §48E	발전 시설 (태양광, ESS), 제조 시설	프로젝트 완료 시점 공제 (Upfront Cash Flow)	주체에 따라 Direct Pay 또는 Transferability의 주요 대상. 프로젝트 초기에 자금 확보 용이
생산 세액공제 (PTC)	§45, §45Y	발전시설(풍력), 청정 수소	10년간 생산량 기준 공제 (Long-Term Cash Flow)	장기 현금 흐름의 예측 가능성을 높여 부채 조달(Debt Financing) 안정화
첨단 제조 생산 세액공제 (AMPC)	§45X	배터리 부품, 핵심 광물	미국 내 생산 필수. 핵심 광물은 생산 비용의 10%	수직 통합 제조업체의 미국 내 투자 유도 메커니즘

박미현, 윤신영, & 이진영. (2025, 10월 14일). 美 IRA (Inflation Reduction Act) 시행 3년, 국제 PF 시장에 미친 영향. 법률신문. <https://www.lawtimes.co.kr/LawFirm-NewsLetter/212216>

# 05 해외 사례 분석

## 유럽



윤연정. (2025, 3월 8일). 탈탄소·경쟁력 둘 다 잡겠다는 유럽연합…일각선 “깨끗하지 않다” 비판. 한겨레.

<https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/1185956.html>

### EU '청정산업딜(Clean Industrial Deal)'

- **대규모 신규 금융 지원 (1,000억 유로)**
  - '유럽투자은행(EIB)'을 통해 산업 탈탄소화, 중소기업의 재생에너지 구매, 노후 전력망 정비 등에 금융 지원 예정
- **신규 규제 도입 및 정비**
  - 순환경제법: 2026년까지 채택, 2030년까지 산업 원자재의 24%를 재활용 원자재로 조달 의무화.
  - CBAM (탄소국경조정제도): 글로벌 협력을 명목으로 '간소화' 방향으로 정비.
- **주요 비판: "경쟁력을 위한 탈탄소 후퇴" 우려**
  - CBAM 간소화로 인해 탄소세 면제 대상이 대폭 확대될 가능성
  - 중소기업 지원을 명분으로 환경 관련 보고 의무 완화
  - 에너지 가격 안정을 위해 국외 가스 개발 사업에 투자 추진
- **핵심 공급망 규제 시행 유예**
  - CSRD (기업 지속성 보고 지침): 시행 2년 유예 계획.
  - CSDDD (기업 지속가능성 실사 지침): 시행 1년 유예 계획.

# 05 해외 사례 분석

## 유럽

- EU CBAM(탄소국경조정제도)의 단계적 시행

- 일정: 2023년 10월 전환기 시작, 2026년 1월부터 인증서 구매 의무 발생(본격 시행), 수입업체는 배출량이 EU 기준 초과 시 배출권 구매 의무
- 대상: 철강, 시멘트, 알루미늄, 비료, 전기, 수소 등 6대 탄소집약 품목

- 논란과 반발

- EU는 2028년부터 연간 14억 유로의 수입을 얻지만, 실제 전 지구적 탄소 감축 효과는 미미할 것이라는 회의론
- EU는 친환경 도구로 홍보하나, 대다수 교역국은 '은폐된 보호무역주의'로 간주
- 미국(트럼프): EU 기후 의제를 비난하며 미국 기업에 대한 면제 요구
- 개도국(중국, 인도 등): 선진국(북반구)의 감축 부담을 개도국(남반구)에 전가하는 '일방적 무역 조치'라며 COP30에서 강력 반발
- 수정 제안: 무역 마찰 완화를 위해 CBAM 수익 일부를 개발도상국의 탈탄소 투자 지원에 사용해야 한다는 의견 대두

- 전망과 확산

- EU: 자동차 및 항공우주 산업 등으로 적용 대상 확대 고려 중
- 영국이 2027년까지 유사 제도 도입을 계획하는 등 타 국가로의 연쇄적 확산 가능성

# 05 해외 사례 분석

## 유럽



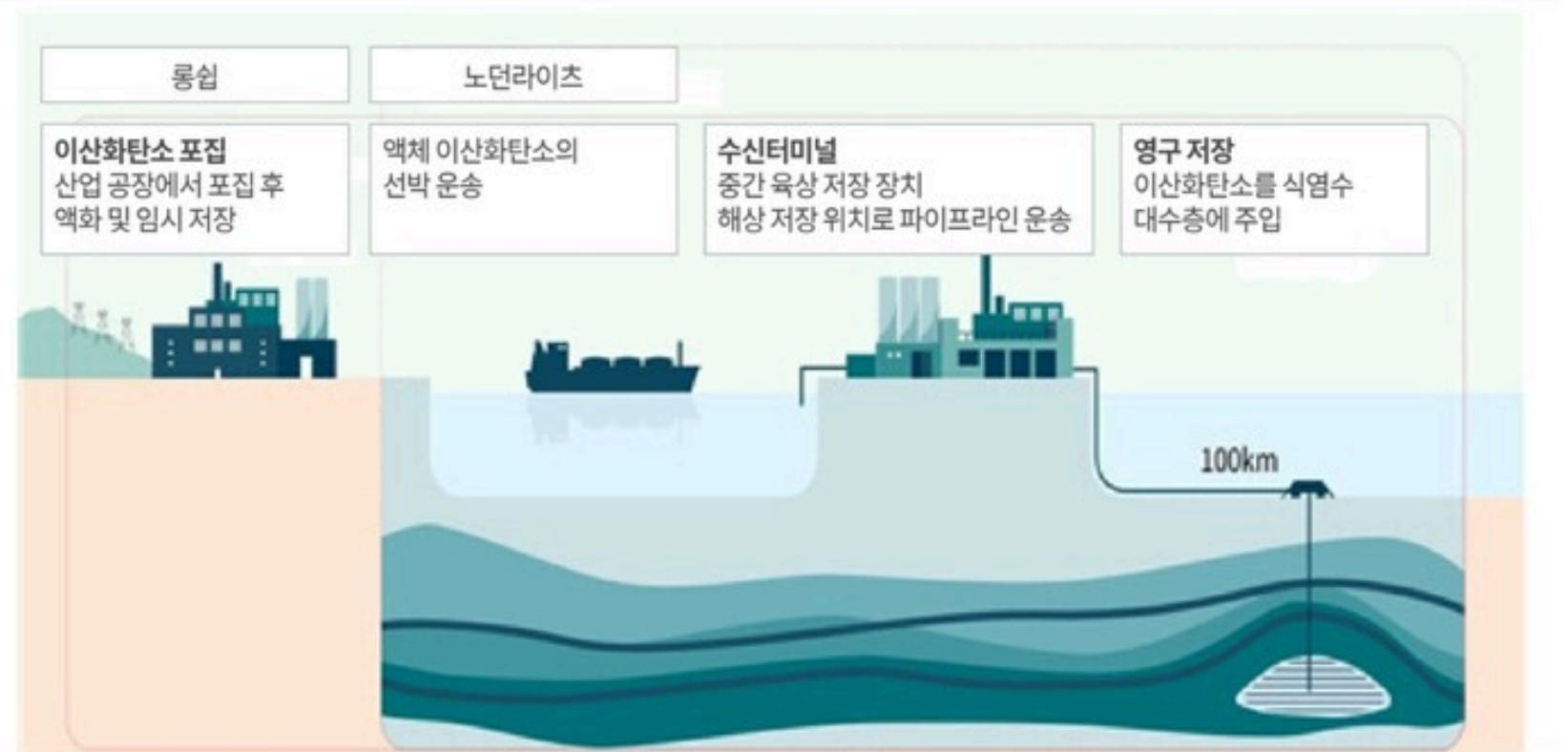
SSAB의 로드맵: <https://www.ssab.com/en/fossil-free-steel>

## HYBRIT 프로젝트

- 스웨덴 철강사(SSAB) 등이 주도하는 수소환원제철** (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) 기술 실증 프로젝트
- 목표: 2026년 상업 규모 무화석 철강 공급 개시, 초기 10년간 1,430만 톤 CO<sub>2</sub> 감축 전망
- EU 혁신기금(Innovation Fund): 총 1억 4,300만 유로(약 1,885억 원) 지원
- 스웨덴 지원: 'Industriklivet' 프로그램을 통해 31억 크로나(약 3,800억 원) 추가 지원 → **올해 예산 80% 감축**
- 미국의 지원: 3월 산업 탈탄소화 60억 달러(약 8조 7,400억 원) 투자 중 5억 달러(약 7,300억 원)를 사브에 지원 → **트럼프 정부에서 철회**

# 05 해외 사례 분석

## 유럽



권용운. (2025, 9월 30일). 노르웨이, 유럽 탄소저장 허브로…정부 장기투자 성장전략 주목. 에너지프로슈머. <https://www.energyprosumer.info/3927>

### 노르웨이 Northern Lights 모델

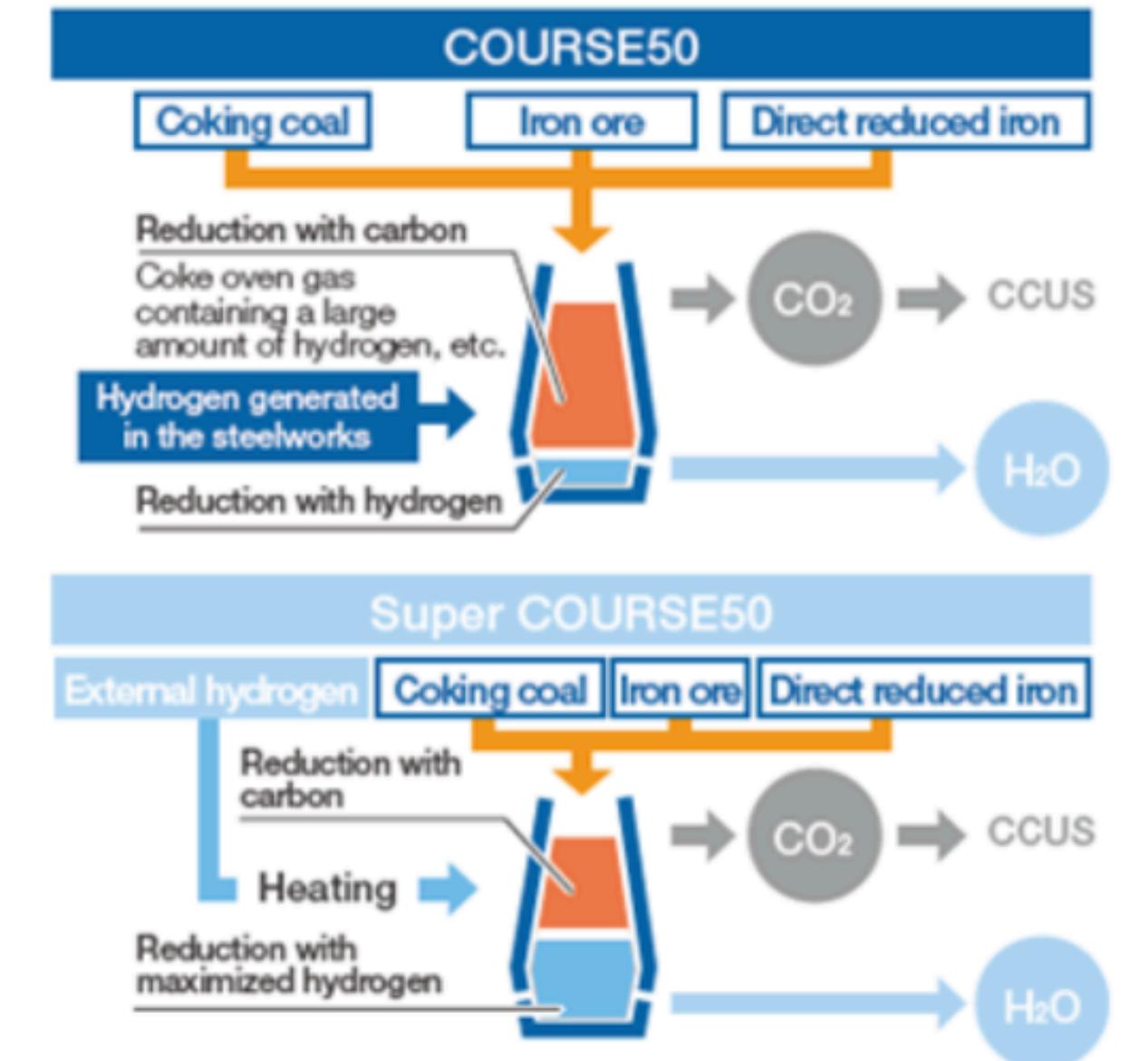
- '롱쉽(Longship)'과 '노던라이츠(Northern Lights)'
  - 탄소의 포집·운송·저장을 모두 아우르는 세계 최초의 통합 CCS 인프라 모델
- 미래 계획: 'CO<sub>2</sub> 하이웨이 유럽'을 통해 벨기에, 독일 등과 연결하여 유럽 산업 전반의 탈탄소화 지원
- 한국은 철강, 시멘트, 석유화학 등 고탄소 산업 비중이 높아 재생 에너지 보급만으로는 탄소중립 달성이 어려워 CCS는 '필수적 선택지'
  - a. 정부 주도의 장기적 투자와 제도적 뒷받침
  - b. 민간 기업과의 긴밀한 협력
  - c. 기술 개발뿐 아니라 운송·저장 인프라까지 포함하는 '전체 생태계' 구축

# 05 해외 사례 분석

## 일본

### 일본의 철강 탈탄소화 전략: 그린혁신기금 및 COURSE50

- **그린혁신기금(Green Innovation Fund)을 통한 대규모 투자**
  - NEDO(신에너지·산업기술종합개발기구)에 약 3조 엔(약 29조 원) 규모의 기금을 조성하여 철강산업 탈탄소화에 집중 투자하고 있음
- 단계별 기술 개발 프로젝트: **COURSE50 & Super COURSE50**
  - COURSE50: 고로에 수소를 주입하고 CCS(탄소포집·저장)를 적용하여 2030년까지 2013년 대비 CO<sub>2</sub> 배출 약 30% 감축 목표
  - Super COURSE50: 가열된 외부 수소를 활용하여 약 50% 감축을 목표로 하며, 2040년 상용화 계획
  - 성과: 2024년 실험 고로에서 33%의 배출 감축 효과 확인
- 정책 지원 및 전략적 특징
  - 세액공제: 저탄소 철강 생산에 대해 톤당 최대 2만 엔(약 17만 원)의 세액공제를 승인하여, R&D 지원과 생산 보조금을 결합한 정책 시행
  - 이중 전략: 기존 고로 기반 기술의 점진적 개선과 장기적 수소환원 기술 개발을 동시에 추구



Nippon Steel Corporation. (2024, February 6). Verified the world's highest level of CO<sub>2</sub> emissions reduction at 33% by heated hydrogen injection in the Super COURSE50 test furnace [Press release].

[https://www.nipponsteel.com/en/news/20240206\\_100.html](https://www.nipponsteel.com/en/news/20240206_100.html)

## 06 한국의 정책 방향

### 현재 한국의 산업부문 감축 정책의 개선 방안

- 중장기형 기술과 경쟁력이 떨어지는 감격차 기술에 편중되어 로드맵의 면밀한 사업 관리가 필요
- 석유화학·시멘트 분야 핵심 기술의 경우 로드맵 대비 기술 개발이 지연되거나 중단된 기술이 다수 발생하고 있어 신속한 로드맵 정비가 요구됨
- 탄소중립 설비 투자 지원 사업 간 유사·중복을 예방하기 위한 통합 관리 필요
- 배출권거래제(ETS)의 누적된 잉여 배출량을 흡수할 추가 개선과 산업 부문 탄소 누출 업종 기준 강화 검토 필요

# 06 한국의 정책 방향

# RE100 대응 정책

- '전력망 규제' 완화 및 'PPA 제도'의 현실적 개편이 기술 개발보다 시급
  - 2025년 정부는 PPA 규제 개선안을 발표했으나, 최소 용량 요건, 불투명한 송전망 이용료 설정 등 근본적 문제는 여전히 존재

# 각종 글로벌 규제(CBAM, CSRD 등 대응)

- 중소기업(글로벌 기업의 가치 사슬에 포함)의 대응을 위한 정부의 지원 필요
  - 국내 규제를 완화, 연기하는 것이 아닌 더 강력한 정부의 규제가 필요

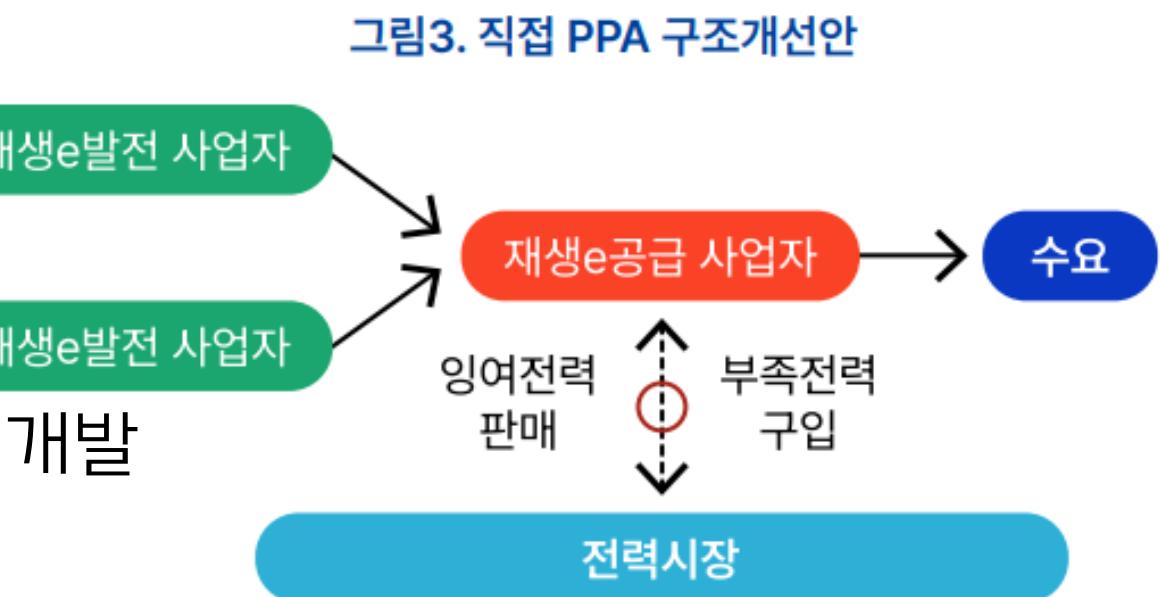
# 기술적 과제

1. 철강- CBAM 대응 EAF 확대와 고품질 스크랩 확보, 수소환원제철 기술 개발
  2. 시멘트- 클링커 대체 소재 개발과 폐기물 열원 전환
  3. 석유화학- 폐플라스틱 화학적 재활용 체계 구축
  4. 정유- 바이오연료·SAF 생산 기반 마련

→ 미국의 IRA, 유럽의 청정그린딜, 일본의 그린 혁신 기금 등을 벤치마킹



(사)한국에너지융합협회. (2025, 4월 18). RE100 이란? [https://www.k-re100.or.kr/doc/sub1\\_1\\_1.php](https://www.k-re100.or.kr/doc/sub1_1_1.php)



임장혁. (2024, 8월 26일). PPA 제도 개선 방향. 기후솔루션.

# 06 한국의 정책 방향

## 정부 주도 인프라 구축

- **해외 CCUS 저장소:** Northern Lights 모델(정부 80% 보조, 개방형 접근)을 벤치마킹하여 정부가 초기 리스크를 부담하고 민간이 이용료를 지불하는 구조 구축
- **그린 수소 수입 터미널:** 철강사의 HyREX 수요 등을 고려하면 국가 차원의 수소 인프라가 필수
- **폐기물 순환 체계:** 석유화학의 400만 톤 폐플라스틱 수요와 시멘트의 열원 수요 충돌을 해결하기 위해 정부 주도 폐기물 분류·배분 체계 구축
- **송전망 확충:** 송전망 확충 없이는 재생에너지의 출력이 제한될 것으로 예상

# 06 한국의 정책 방향

## 요약

**한국 산업은 철강, 석유화학, 시멘트, 정유 등 부문에서 글로벌 경쟁국 대비 현저히 부족한 정책 지원 속에서 CBAM, RE100 등 압박**

시간이 지날수록 전환 비용은 증가하고 규제 비용 부담은 증가

2025-2030년이 골든타임

- ▲ 전략적 우선순위 설정하여 빠른 대응
- ▲ 가격 시그널의 현실화
- ▲ 정부 주도의 공유 인프라 구축

한국 주력 산업의 글로벌 경쟁력은 회복 불가능한 수준으로 약화될 것

# 참고자료

- 강병욱. (2022). 탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구 (기본연구보고서 2022-03). 에너지경제연구원.
- 시사오늘. (2025년 11월 5일). ‘전환금융’ 활성화 박차…금융위, 가이드라인 발표. [온라인]. 이용 가능: <https://www.sisaon.co.kr/news/articleView.html?idxno=173191>
- 박소희. (2025년 10월 24일). 수조 규모 CCUS, 10년 넘게 '실적 제로'. 살아지구. [온라인]. 이용 가능: <https://disappearth.org/zero-ccus/>
- 환경부. (2025). 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 자료집. (2025.9.19.~10.2.).
- 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 자료집. 환경부·기획재정부·산업통상자원부. (2024).
- 철강 탄소중립현황 및 전망. 한국철강협회. (2024)
- 국회입법박람회 종합보고서(9/23~24). 국회연구조정협의회
- (국회예산정책처, 국회도서관, 국회입법조사처, 국회미래연구원). (2023).
- 2050 탄소중립녹색성장위원회 제1기 활동보고서. 2050 탄소중립녹색성장위원회.(2025)
- (사)한국에너지융합협회. (2025, 4월 18). RE100 이란? [https://www.k-re100.or.kr/doc/sub1\\_1\\_1.php](https://www.k-re100.or.kr/doc/sub1_1_1.php)
- 임장혁. (2024, 8월 26일). PPA 제도 개선 방향. 기후솔루션.
- Nippon Steel Corporation. (2024, February 6). Verified the world's highest level of CO2 emissions reduction at 33% by heated hydrogen injection in the Super COURSE50 test furnace [Press release]. [https://www.nipponsteel.com/en/news/20240206\\_100.html](https://www.nipponsteel.com/en/news/20240206_100.html)
- 권용운. (2025, 9월 30일). 노르웨이, 유럽 탄소저장 허브로…정부 장기투자 성장전략 주목. 에너지프로슈머. <https://www.energyprosumer.info/3927>
- 윤연정. (2025, 3월 8일). 탈탄소·경쟁력 둘 다 잡겠다는 유럽연합…일각선 “깨끗하지 않다” 비판. 한겨레. <https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/1185956.html>
- 박미현, 윤신영, & 이진영. (2025, 10월 14일). IRA (Inflation Reduction Act) 시행 3년, 국제 PF 시장에 미친 영향. 법률신문. <https://www.lawtimes.co.kr/LawFirm-NewsLetter/212216>

감사합니다.

Q&A