

# 국내 수소기술 현황 및 전망

-저탄소 미래기술 발전방안 토론회-

2020. 7. 9.

한국과학기술연구원

청정신기술연구소

한 종 희

# 차례

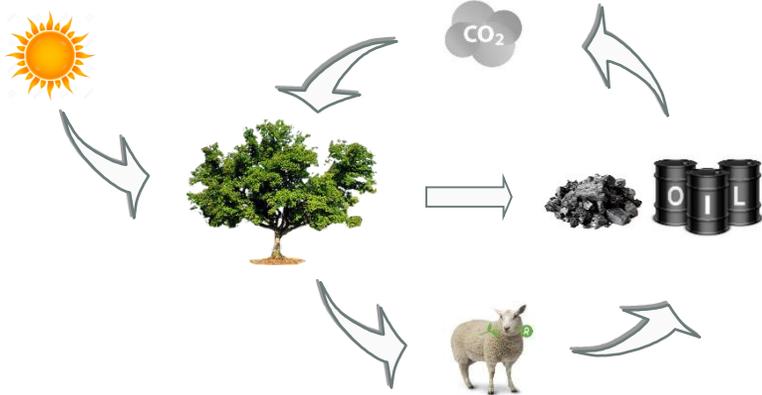
- 수소에너지 사회
- 국내 수소에너지 현황 및 전략
- 결론

# 수소에너지 사회

# 수소에너지 사회

## 에너지 패러다임 변화

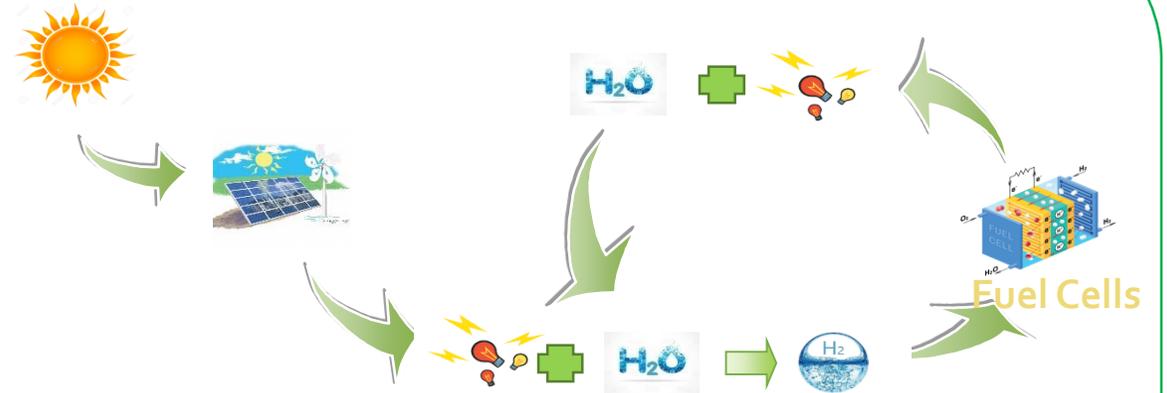
### 탄소 에너지 (현재)



- 화석연료 중심
- 중앙집중식
- 자원 확보
- 온실가스 배출 :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  등



### 수소 에너지 (미래)



- 수소 중심
- 분산/독립식
- 기술 및 경제 개발로 확보
- 친환경적 : 부산물  $\text{H}_2\text{O}$

# 수소에너지 사회

<자료 출처 : <https://tech.hyundaimotorgroup.com>>

## 해외 동향



Four Steps for Successful Hydrogen Economy

Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Technology Development 2000~2015	Deploy of FCEV into the Early Market 2010~2025	Market Expansion/ Infrastructure development 2015~2035	Hydrogen Economy 2025~

- H2USA : 민관 파트너십
- California Roadmap : FCV 상용화
- California FC 파트너십 : FCV 도입 활성화



No. of FCEVs and charging stations

2025		2030	
FCEVs	650,000 units	FCEVs	1.8 million units
Charging stations	400	Charging stations	1,000

- H2 Mobility Initiatives : 민관 파트너십
- 정부 : 재생에너지의 잉여 전력을 수소로 저장하는 계획을 수립



Basic Road Map

Stage 1	Stage 2	Stage 3
Increase of hydrogen usage 2020~	Increase of mass hydrogen supply 2030~	Establishment of CO <sub>2</sub> -free hydrogen supply 2040~

- H2 Basic Strategy
- Strategic Roadmap for HFC
- H2 and FC Technology Development Strategy



No. of FCEVs and charging stations

2025		2030	
FCEVs	50,000 units	FCEVs	1 million units
Charging stations	300	Charging stations	1,000

- FCV 개발 및 보급에 각종 정부 보조
- '19년 수소에너지를 에너지 계획에 포함

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수소경제활성화로드맵('19.01)

### 세계 최고수준의 수소경제 선도국가로 도약

- 수소차·연료전지 세계시장 점유율 1위 달성
- 화석연료 자원 빈국에서 그린 수소 산유국으로 진입

		2018	2022*	2030	2040
목표	수소차	1.8천대 (내수 0.9천대)	8.1만대 (내수 6.7만대)		620만대 (내수 290만대)
	수소충전소	14개소	310개소		1,200개소 이상
	연료 (발전) 전지 (건설)	307MW (내수 307MW) 7MW	1.5GW (내수 1.0GW) 50MW		15.0GW (내수 8.0 GW) 2.1GW
	수소공급 (가격)	13만톤/年 (정책가격)	47만톤/年 (6,000원/kg)	194만톤/年 (4,000원/kg)	526만톤 이상/年 (3,000원/kg)
기본방향		수소 생산, 저장·운송, 활용 : 전주기 안전성 확보 및 중소·중견 산업생태계 조성			
추진전략	추진전략	준비기	확산기	선도기	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>수소산업생태계 조성</li> <li>제반 인프라 구축 및 법·제도적 기반완비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소이용 비약적 확대</li> <li>대규모 수요·공급 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해외 수소 생산 및 수전해 본격화</li> <li>탄소프리 수요·공급 시스템</li> </ul>	
민관협력방안	정부	<ul style="list-style-type: none"> <li>지원 및 규제완화</li> <li>대규모 인프라 투자</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업생태계 보완</li> <li>국제표준 선점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소사회 이행</li> <li>국제 리더십 확보</li> </ul>	
	민간	<ul style="list-style-type: none"> <li>핵심기술 내재화</li> <li>투자확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상업적 생산 체계구축</li> <li>수소 Biz 플랫폼 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 주도 시장 확대</li> <li>글로벌 시장 선도</li> </ul>	



### 달성 현황 ( '19)



- 현대차 FCV 생산량 : 4,803대 (세계 최대)
- 충전소 : 14기 ('18) → 34기 ('19)
- 연료전지 발전 : 408MW (세계 최대)

\* 승용차 및 발전 국산화 완료 (~'22)

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수소경제활성화로드맵('19.01)

		2018년	2022년	2040년
모 빌 리 티	수소차	1.8천대 (0.9천대)	8.1만대 (6.7만대)	620만대 이상 (290만대)
	승용차	1.8천대 (0.9천대)	7.9만대 (6.5만대)	590만대 (275만대)
	택시	-	-	12만대 (8만대)
	버스	2대 (전체)	2,000대 (전체)	6만대 (4만대)
	트럭	-	-	12만대 (3만대)
수소충전소		14개소	310개소	1,200개소 이상
열차·선박·드론		R&D 및 실증을 통해 '30년 이전 상용화 및 수출프로젝트 추진		

		2018년	2022년	2040년
에 너 지	연료전지			
	발전용	307.6MW	1.5GW (1GW)	15GW 이상 (8GW)
	가정·건물용	7MW	50MW	2.1GW 이상
수소가스터빈		'30년까지 기술개발 완료 → '35년경 상용 발전		

		2018년	2022년	2030년	2040년
전 망 가 격	공급량 (=수요량)	13만톤/年	47만톤/年	194만톤/年	526만톤/年 이상
	공급방식	①부생수소(1%) ②추출수소(99%)	①부생수소 ②추출수소 ③수전해	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④해외생산 ※ ①+③+④ : 50% ② : 50%	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④해외생산 ※ ①+③+④ : 70% ② : 30%
	수소가격	- (정책가격)	6,000원/kg (시장화 초기가격)	4,000원/kg	3,000원/kg

**2040년 목표 :**

- 수소 공급량 : 526만톤/년
- 그린수소 : 369만톤/년 (해외 수소 포함)
- 온실가스 감축량 : 2,728여만톤

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수소기술개발로드맵('19.10)

### 세계 최고수준 기술력 확보로 수소경제 선도국으로 도약



**1** 수소 전 주기(생산-저장-운송-활용-인프라) 분야별 목표 달성을 위해 필요한 핵심기술 개발 추진

- ❖ 국내 기술 경쟁력, 기술 실현 가능성 및 적용 시기, 경제성 및 환경성 향상 가능성 등을 고려하여 핵심기술 분야를 도출

빠른 시장진입이 필요한 분야 → 시스템 개발 및 제품 완성 주력

선진국과 초기 경쟁선상에 있는 분야 → 원천기술 확보 주력

**2** '30년까지 수소산업 핵심 소재·부품의 기술자립도 제고

**3** 미래시장 개척 및 글로벌 시장 선도를 위한 미래 유망기술 개발 및 시장 확대형 기술개발 추진

안전 확보를 위한 데이터베이스 구축률 '30년 100%	국제표준 제안 '30년 15건	충전소 구축비용 '30년 300만원/kg
-----------------------------------	---------------------	---------------------------

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수소생산기술개발 전략

### 현황



▶ **개질 시스템** : 해외에는 다양한 용량의 상용제품이 개발되었으나 국내는 중소형 시스템 개발 중

▶ **수전해 시스템** : 노르웨이, 일본, 미국 등은 경제성 확보 기술 개발 중 이나 국내는 원천소재 기술 등 초기 단계 수준

■ 수소 수요량 대응, 화석연료 수준의 가격 경쟁력 확보, 기후변화 대응(온실가스 저감)을 위한 단계별 기술 개발을 통해 친환경 수소로 점진적 전환

초기(~'25)에는 천연가스개질 기술 개발을 통해 저가 수소 대량 생산 기술을 확보

'30년까지 수소 생산량 증대를 위한 고효율·대용량 수전해 시스템(50kWh/kg-H<sub>2</sub>, 100MW급) 기술을 개발하고, 태양광·풍력 등 다양한 재생에너지원과의 연계 실증 추진

## 핵심기술개발 전략

\* 정부의 집중지원이 필요한 기간을 표시

대분류	중분류	현 수준	단 기					중 기		장 기		목 표	
			~'20	'21	'22	'23	'24	'25	~'28	~'30	~'35		~'40
수소 생산 	연료 이용	시스템 설계, 소규모 실증	소형(300~1,000Nm <sup>3</sup> /h) 개질 수소 생산 시스템 개발										시스템 효율 78%(HHX)(30)
			중형(1,000Nm <sup>3</sup> /h-) 개질 수소 생산 시스템 개발										
	물분해	1MW급 원천기술 및 스택기술 개발	알칼라인 수전해 시스템 개발										30년 100MW급 시스템 개발 * 시스템 효율 50kWh/kg-H <sub>2</sub> (30)
			(수MW급)		(수십MW급)								
			고분자전해질 수전해 시스템 개발										재생전원 연계 수MW급 실증(30)
			(수MW급)		(수십MW급)								
	실증 설계	재생에너지 연계 P2H 기술 개발											

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수소저장·운송 기술개발 전략

### 현황



- ▶ 미국 : 우주개발로 수소 액화 및 저장 기술
- ▶ 일본 : '30년까지 해외 대용량 수송을 포함한 대용량 수송 기술 확보
- ▶ 국내 : 수소 운송 및 대용량 저장 관련 기술은

기체저장·운송 기술을 고도화하여 수소 운송량을 증대하고, 수소를 대량으로 안정성 있게 저장·운송할 수 있는 액체수소·액상수소화물 저장·운송 기술 개발 추진

※ 기술 실증 전 경제성·환경성 분석('25년 프로그램 개발 예정) 등 추진 → 이를 기반으로 국가 수소공급 전략 수립 후 중점기술 재정비 필요

차량용 저장용기가격저감 등  
기체저장·운송 기술 고도화(고압·대용량)

독일·미국·일본에서도 활발한 연구가 진행 중인  
액상유기수소화물 분야는 원천기술 확보,  
상용화된 액체수소 분야는 제품화 추진

## 핵심기술 개발 전략

\* 정부의 집중지원이 필요한 기간을 표시

대분류	중분류	현 수준	단 기					중 기		장 기		목 표	
			'~20	'21	'22	'23	'24	'25	'~28	'~30	'~35		'~40
저장 운송	물리적 수소저장	100만원/kg										45만원/kg	
		0.1톤/일 3m³/탱크1기											50톤/일 80,000m³/탱크1기
	화학적 수소저장	원천기술 확보											1,000Nm³ H₂/급 수소추출시스템
수소운송	수소운송	200bar 튜브트레일러 단거리배관망											1,500 · 450bar 튜브트레일러, 35톤급 탱크로리 등 160,000m³급 액체수소운송선
		원천기술 개발, 기본설계											

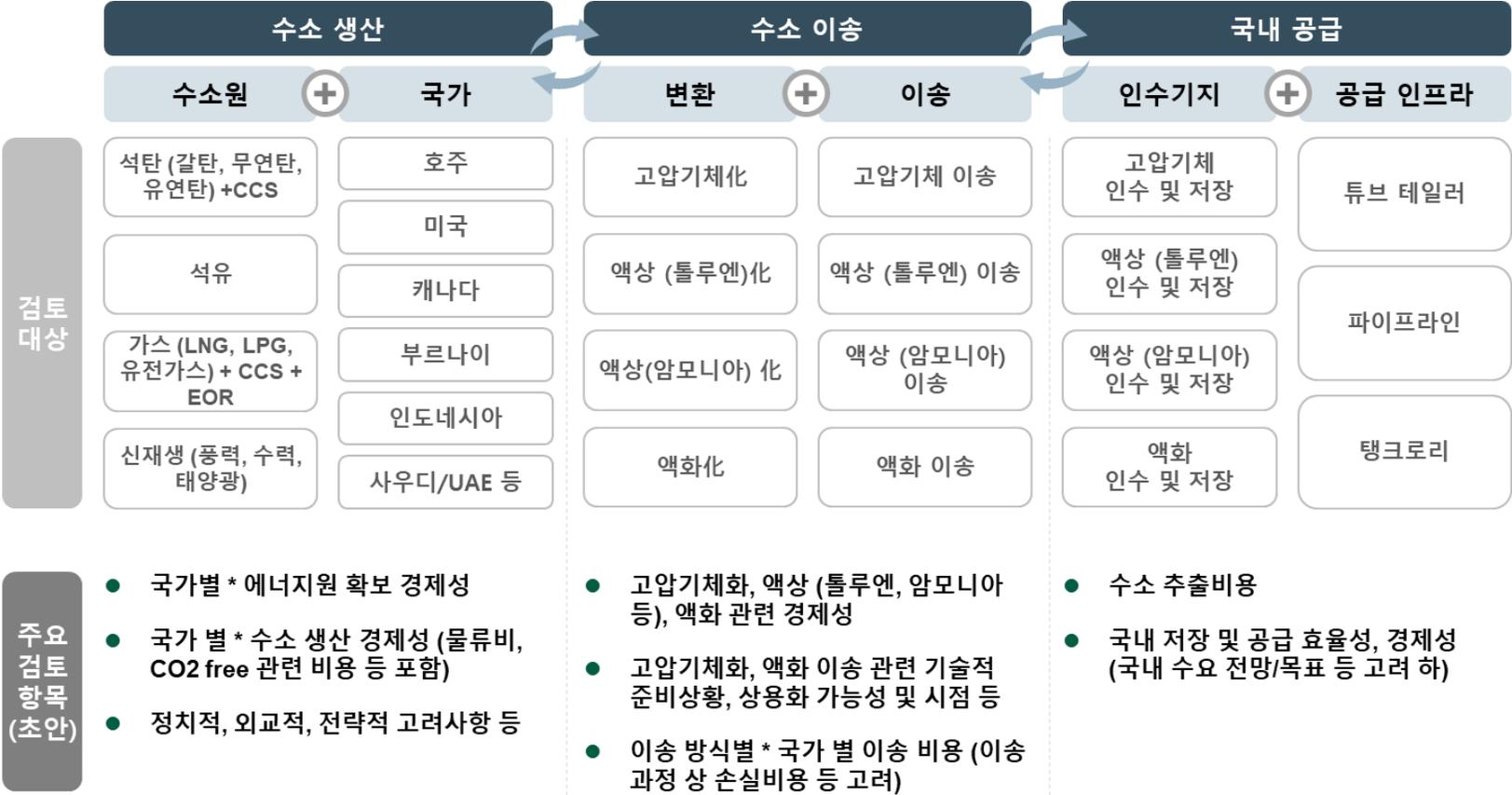
기술개발 현황/보급실적/경제성·환경성분석 이후 ▲ 국가수소공급전략 수립 및 기술개발 재정비

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수소저장·운송 기술개발 전략

### 해외수소 공급망 구축 현황

- ▶ 해외수소공급망 구축을 위한 MOU 체결 : 30여 개 기관 ('20.06)
- ▶ 그린수소 해외사업단 준비 (산업부)
- ▶ 수소 운송선 구축 R&D 준비 (법부처)
- ▶ 수소 저장·운송 R&D 수행 (과기부, 산업부)



# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 수송수단 활용 기술개발 전략

### 현황

- FCV는 세계 최고 기술력 보유
- 철도, 해상용, 항공 등의 응용분야 확대는 독일 등 유럽을 중심으로 기술 개발에 박차
- 대형 트럭 등 연료전지 우수분야에 관심 급증

타 수송수단 분야로의 확장성이 큰 연료전지시스템을 전략적으로 활용하여 중복투자 방지 및 가격 저감 유도

승용차/상용차용 연료전지시스템을 기반으로 플랫폼 기술을 개발·응용하여 다양한 수송수단에 적용하고, 각 제품의 상이한 운영 환경에 따른 성능 구현 기술 개발 추진

### 핵심기술 개발 전략

\* 정부의 집중지원이 필요한 기간을 표시

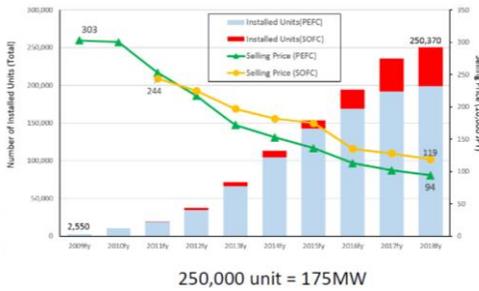
대분류	중분류	현 수준	단 기					중 기		장 기		목 표	
			'20	'21	'22	'23	'24	'25	~'28	~'30	~'35		~'40
 활용 (수송수단)	육상용	국내 개발 및 실증 단계	연료전지시스템 모듈화 및 전장장치 개발 (수소열차 / 중대형 건설기계)										(철도) 내구 25년 (건설기계) 내구 2만시간
	해상용	R&D (대양선박은 기초연구)	수소선박 연료전지시스템 개발 (소형선박용)					수소선박 연료전지시스템 개발 (대양선박용)					시스템 가격 50만원/kW, 내구 20년
	항공용	핵심 부품 기술 해외 의존	수소드론 시스템 개발 (일반 및 특수목적용)					수소드론 시스템 개발 (대형물류 운송용)					시스템 출력밀도 0.6kW/kg(30)

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 발전용 활용 기술개발 전략

### 현황

- ▶ 분산발전용은 세계 최고 기술력 및 시장 보유
- ▶ 경제성 확보가 시급 → 시장 확대 필요



## 발전용 연료전지시스템(가정·건물용, 분산 발전용, 대규모 발전용)의 경제성 확보를 통해 설치비와 발전단가 절감

연료전지시스템 핵심부품 모듈화, 양산화, 시스템 효율 향상 및 내구성 향상을 위한 기술 개발

### 핵심기술개발 전략

\* 정부의 집중지원이 필요한 기간을 표시

대분류	중분류	현 수준	단 기					중 기		장 기		목 표
			~'20	'21	'22	'23	'24	'25	~'28	~'30	~'35	
 활 용 (발전·산업)	고정형 연료전지	시스템가격 2,700만원/kW (PEMFC기준)			(마이크로열병합) 제품 경량화, 고부가가치화							시스템 가격 800만원/kW('30)
		효율 약 75%			(분산발전용) 고효율·고신뢰성 시스템 개발							효율 90%('30)
		발전단가 241원/kWh										(대규모발전용) 대용량 스택 시스템 개발

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 안전·표준·인프라기술개발 전략

### 현황

- ▶ 안전·표준화 기술 미국, 일본, 독일에 비해 미흡
- ▶ 인프라 기술은 HRS 국산화 추진 중
- ▶ 대형 실증 사업 미흡

### 수소 전 주기 기술개발을 위한 기반이므로 '30년까지 완비 추진

안전성 확보를 위한 실증 데이터베이스 구축 및 평가시스템 도입, 국내 기술의 국제표준 전략적 선점과 국내 인증품목 확대

해외 의존도가 높은 수소충전소 기자재 국산화 및 수소추진선박 운항에 필요한 벙커링(선박·항만설비에 수소 공급) 기술 개발

수소 생산, 저장·운송, 활용 각 분야에서 개발된 제품을 실증지에 적용

### 핵심기술 개발 전략

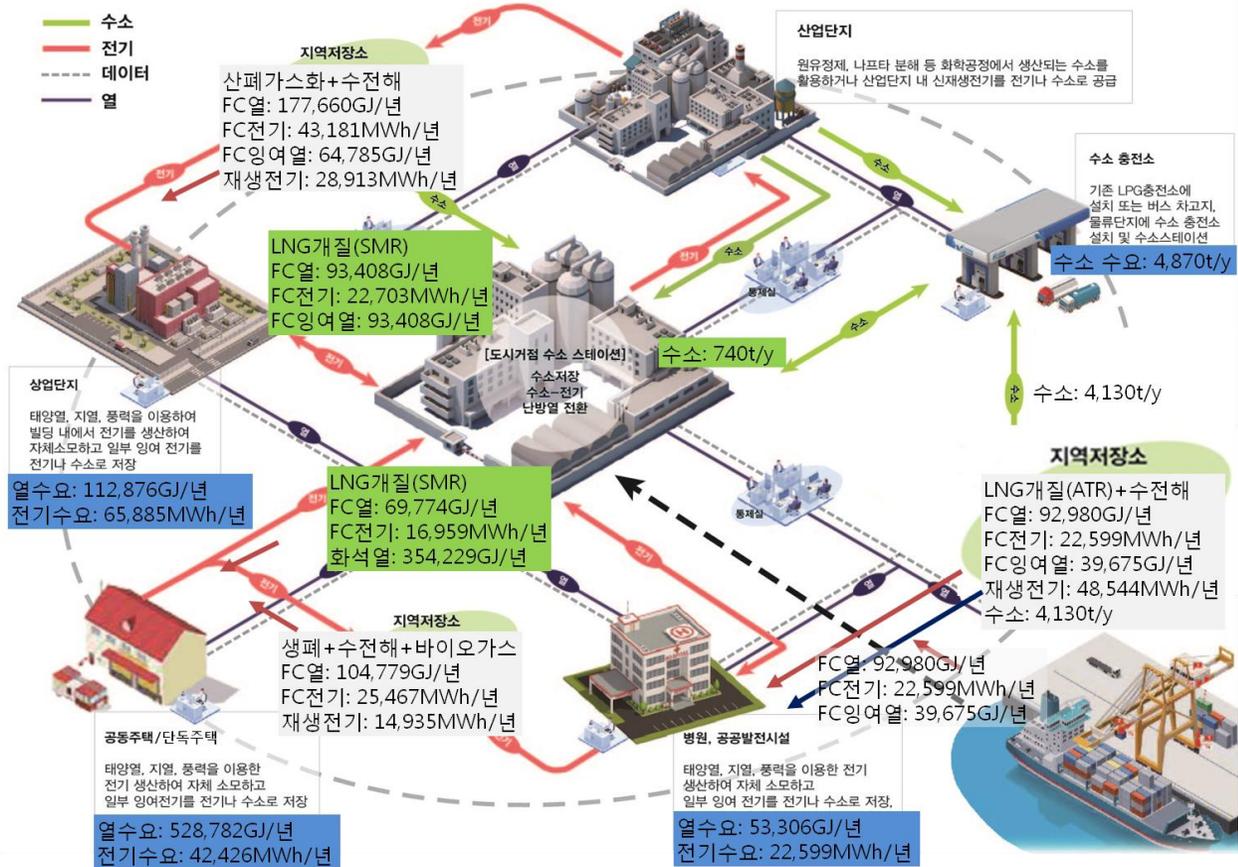
\* 정부의 집중지원이 필요한 기간을 표시

대분류	중분류	현 수준	단 기					중 기		장 기		목 표	
			~'20	'21	'22	'23	'24	'25	~'28	~'30	~'35		~'40
안전·환경·인프라	안전기술	선진국외존 안정성평가 기술수준 78% 품질표준/장비개발 2건 국제표준 미흡		소재, 부품, 시스템 안전평가 기술 개발 전주기 설치, 안전 및 사고예방 기술 개발 전주기 안전 모니터링 및 관리 품질 및 측정기술(시험법/장비) 개발					DB구축				DB구축 100% 안전성평가 기술수준 98% 품질 표준/장비 개발 누적 10건
	표준화 및 인증기술	시험인증 기준/장비 3건 인벤토리·환경성 평가 기준 없음		모빌리티, 에너지 및 공급/계량 등 표준 개발 소재/부품/제품 시험 평가 및 인증 개발									국제표준 15건 시험인증 기준/장비 10건
	환경 및 경제성평가	수소분야 적용 경제성 평가 프로그램 없음 국산화율 40%		전주기 환경성 분석 프로그램 개발 전주기 경제성 분석 프로그램·비즈모델 개발					검증 및 보완 환경·경제성 통합 분석 프로그램 개발 검증 및 보완 ▲ 저장·운송 전략 수립에 활용				수소 전주기 통합 환경성·경제성 평가 프로그램 구축
	수소 공급 인프라	유사연료 벙커링 터미널 기초설계 사례 없음		수소 충전 기술 개발 수소 벙커링 기술 개발					평가 및 실증 평가 및 실증				국산화율 100% 63,000m³/주 벙커링 터미널 설계
	수소 사회 기반 구축	소규모 실증 진행 중		수소 전 주기 분야별 집적 클러스터 실증 도시기반 수소 전 주기 기술 및 최적 운영시스템 실증							상용화·해인선출		벨류체인별 구축 도시 단위 건물/교통/기반 실증

# 국내 수소에너지 현황 및 전략

## 안전·표준·인프라기술개발 전략

중도 신도시급 규모, 수소E 대체율: 20%, FC총괄효율: 90%(전기42%, 열48%), 수전해 O<sub>2</sub>: O<sub>2</sub> 8톤/ H<sub>2</sub> 1톤, 미활용 전력: 10.4%



### 현황

▶ 수소도시 (범부처), 수소심범도시(국토부), 수소클러스터(산업부) 등 대규모 실증 준비 중

# 결언

# 수소에너지 사회



감사합니다.

CH<sub>4</sub>

CO<sub>2</sub>

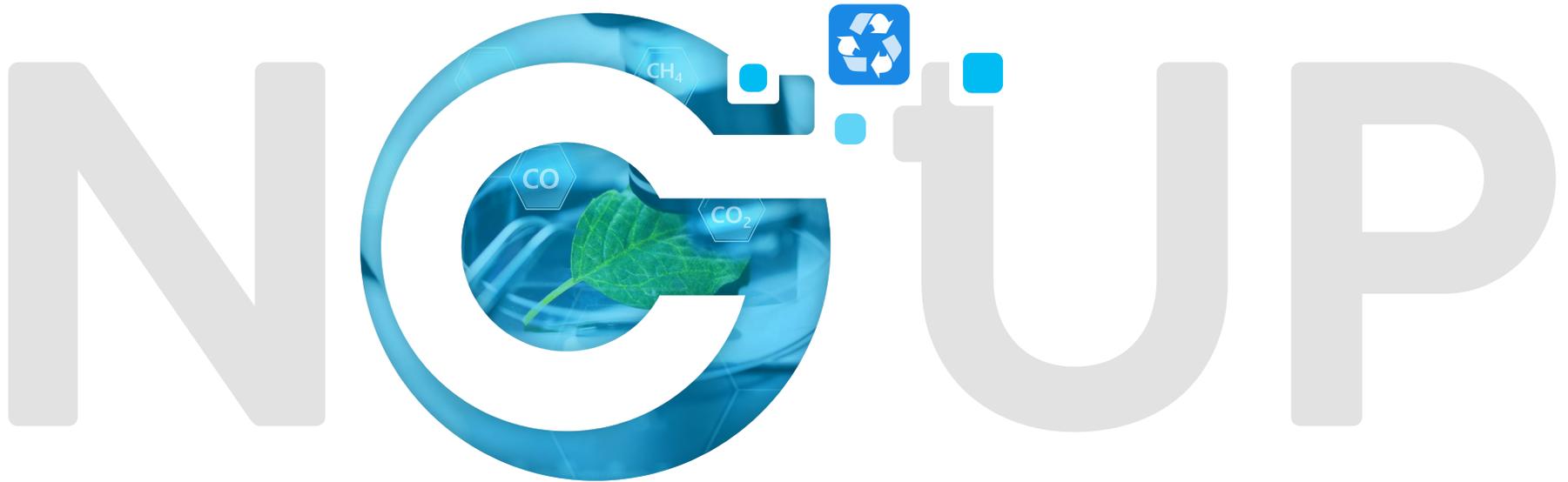
CO

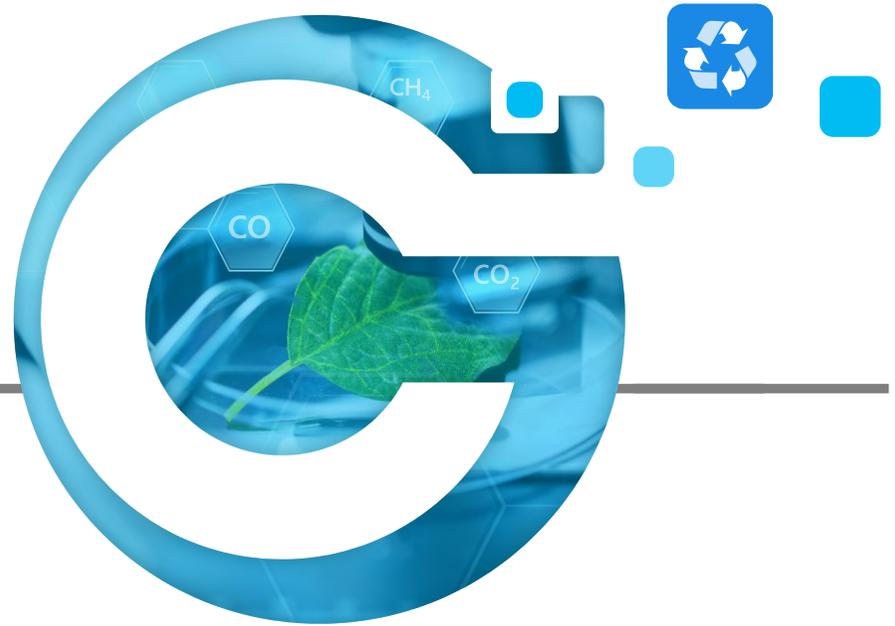
# CCUS 기술의 현황과 미래

—  
2020. 7. 9.

한국화학연구원 차세대 탄소자원화 연구단

전 기 원





# CONTENTS

CCUS 기술의 현황과 미래

## 01 CCUS 개요

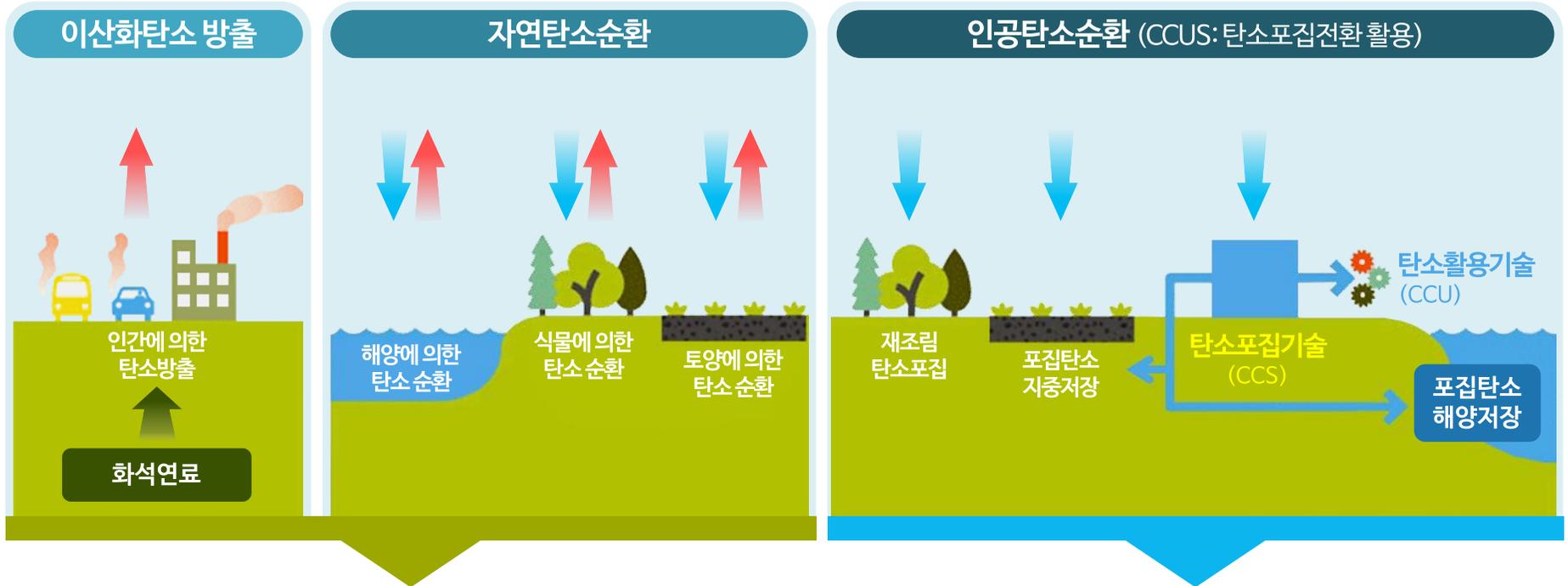
## 02 관련 기술 개발 현황

## 03 CCUS 기술 전망

## 04 발전 방향

# 1.1 CCUS (Carbon Capture, Utilization & Storage)

→ 탄소배출 → 탄소포집



자연 탄소순환 한계를 뛰어넘는 탄소배출

“CCUS 기술은 부채를 자산으로 바꾸고 기후변화에 대응하면서 경제적인 성장을 촉진할 수 있습니다.”

# 1.2 새로운 트렌드, CO<sub>2</sub> 전환에 의한 활용 기술

## 이산화탄소는

### ● 화학적으로 활성이 낮은 매우 안정한 화합물

Bond Strength: D=532 kJ/mol

Heat of formation @ 25°C ( $\Delta H^\circ$ ) =  
- 393.5 kJ/mol

### ● 지구온난화의 주범인 온실가스

### ● 현재의 주요 용도

✓ 탄산음료, Urea & Methanol, EOR 등

### ● 화학적 전환에서의 주요 이슈

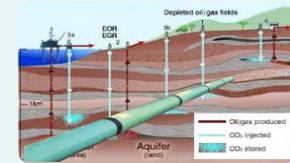
- ✓ 실제 온실가스 저감효과가 있는가?
- ✓ 경제성이 있는가?
- ✓ 온실가스 저감량이 유의미한가?

## 이산화탄소



## 이산화탄소의 변신

이산화탄소는 온실가스이자 폐기물이라는 인식으로 그동안 지중·해중·유전 등에 격리시키는 방법이 최선책으로 인식되었음

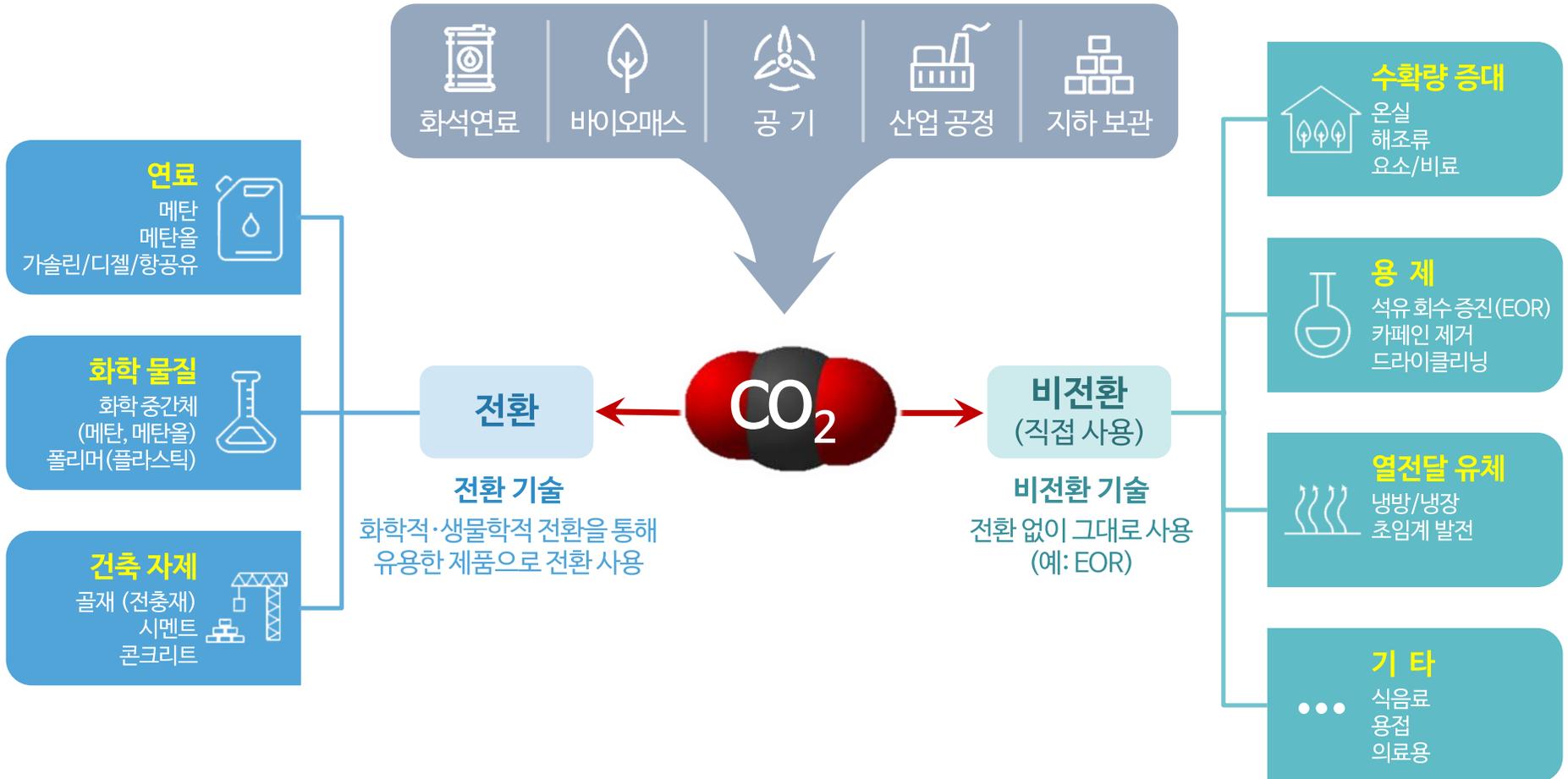


### 기술혁신

이산화탄소를 자원으로 활용하여 다양한 연료 및 기초화학제품 생산의 원료로 사용하는 패러다임의 전환

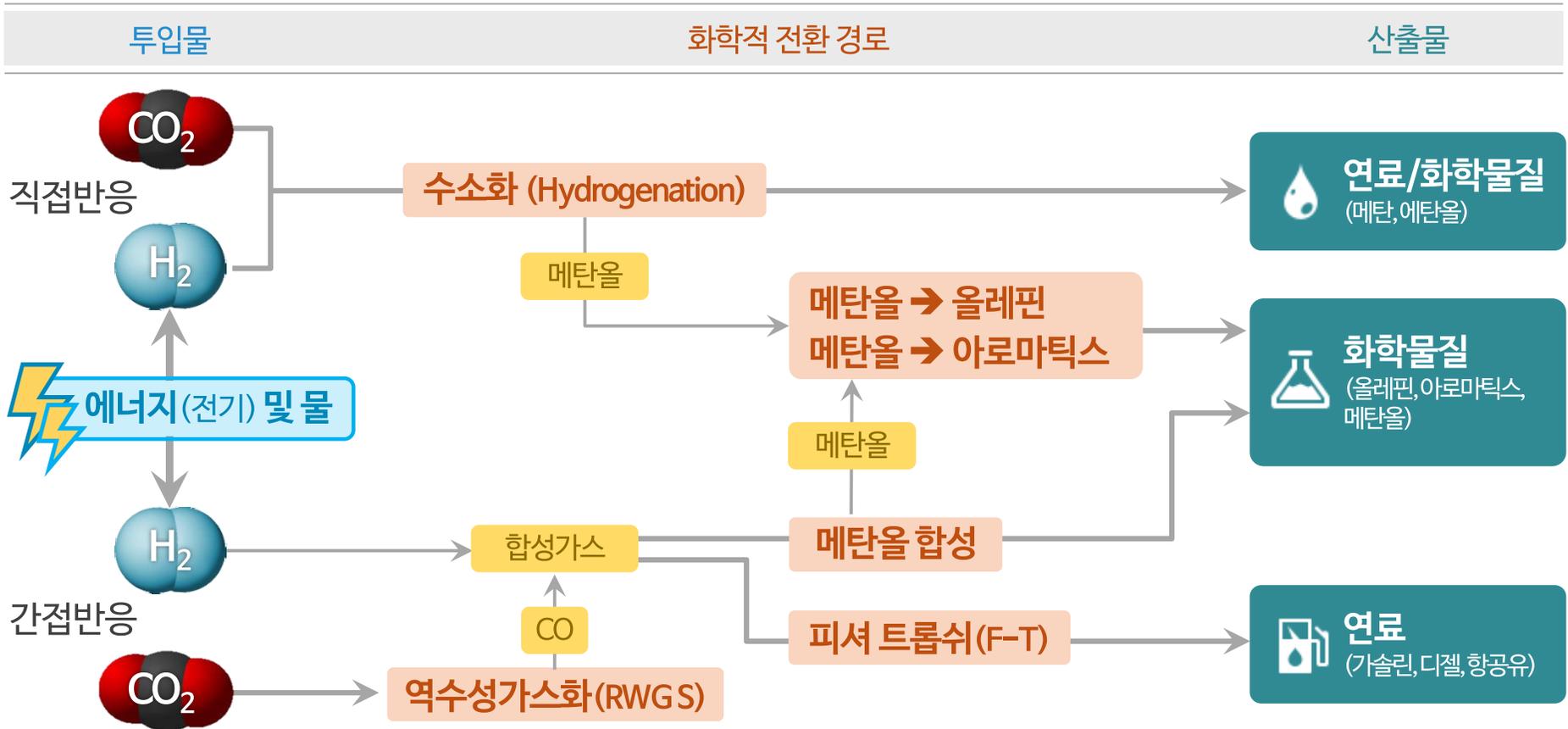


## 이산화탄소 활용 기술의 분류



[출처: IEA, 2019]

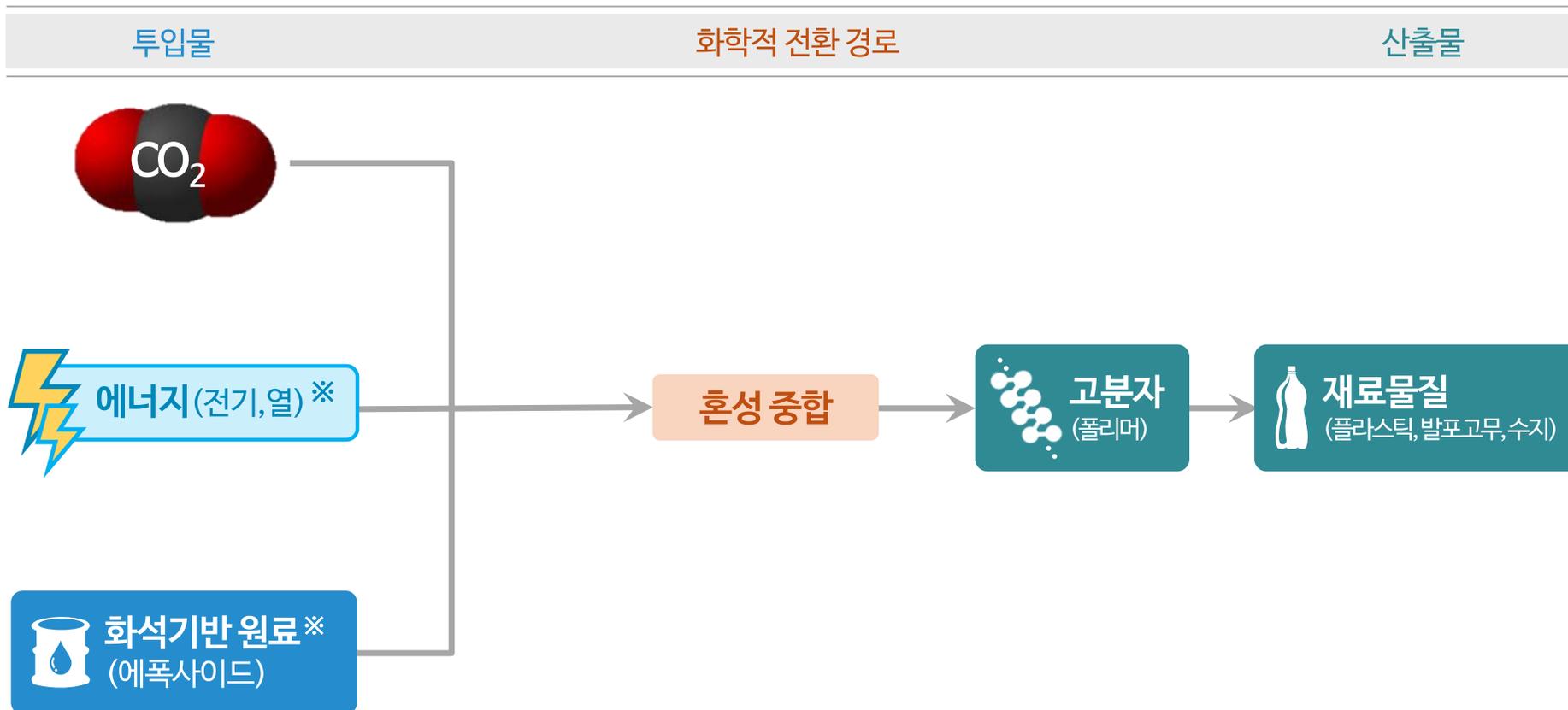
## 이산화탄소의 연료 및 화학물질로의 주요 전환 경로



- CO<sub>2</sub> 를 수소와 반응시켜 석유로부터 얻는 연료 및 화학제품의 생산을 대체
- 직접적인 경로와 간접적인 경로로 분류

[출처: IEA, 2019]

## 이산화탄소의 고분자로의 주요 전환 경로



•CO<sub>2</sub> 를 석유계 원료의 일부 대체제로 사용하여 플라스틱 및 합성수지 등의 폴리머(고분자)로 전환

※기존 생산 공정에도 사용됨

[출처: IEA, 2019]

## 이산화탄소의 콘크리트·건축용 골재로의 주요 전환 경로



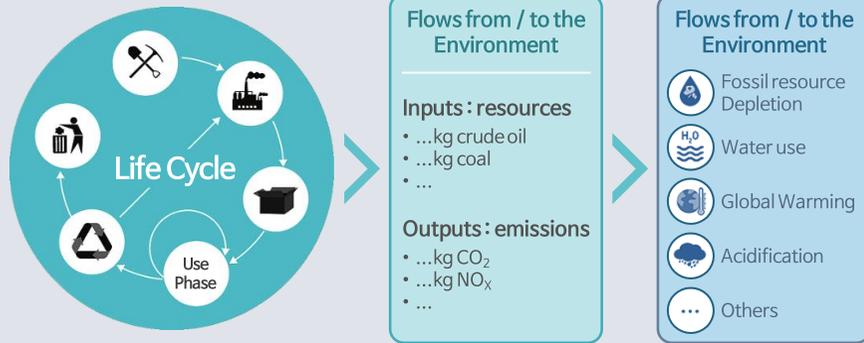
•CO<sub>2</sub> 를 칼슘, 마그네슘 등의 광물과의 탄산화 반응을 통해 시멘트, 콘크리트, 건축용 골재 생산에 활용

※기존 생산 공정에도 사용됨

[출처: IEA, 2019]

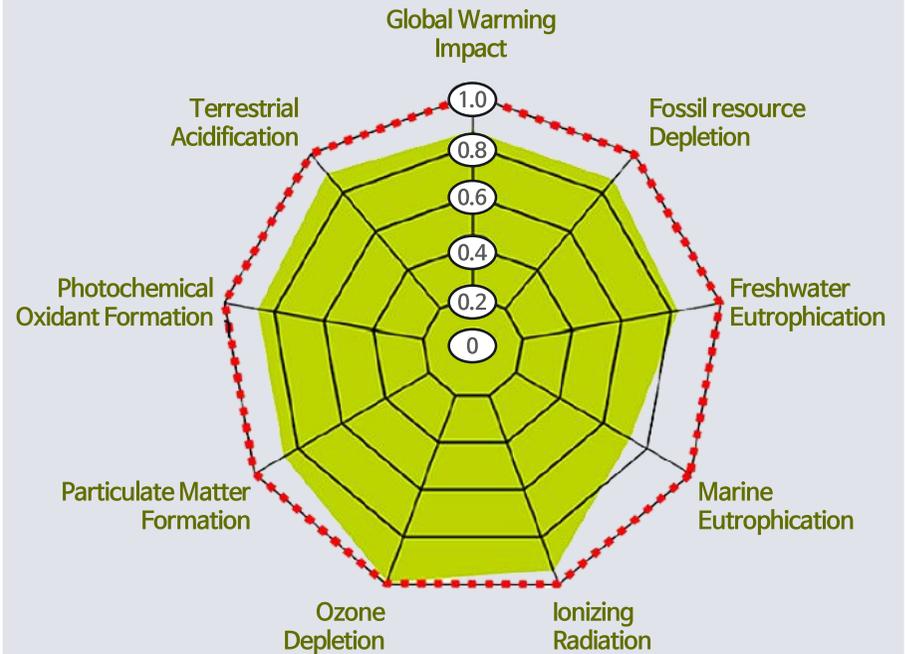
# 1.5 CO<sub>2</sub> 활용 기술의 전과정 평가 (LCA)

## 전과정평가(LCA)의 일반적 개념



[출처: Assen et al., 2015]

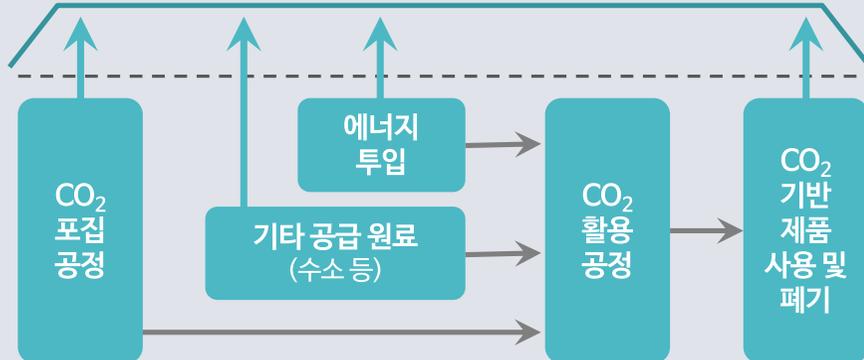
## CO<sub>2</sub> 기반의 폴리올 제품의 친환경성 비교



--- Fossil based polyol  
● CO<sub>2</sub>-based polyol (20 wt %)

[출처: Artz et al., 2018]

## CCU 기술 적용에 따른 전주기 온실가스 배출 영향



[출처: CO<sub>2</sub> Sciences & The Global CO<sub>2</sub> Initiative, 2016]

# 2.1 CO<sub>2</sub> 활용 기술의 발전

# 2019

지난 10년간 많은 발전이 있었으며 건축자재와 폴리머는 상용화 단계 진입

**건축자재**  
Concrete



**화학제품**  
Chemicals



**연료**  
Fuels



**폴리머**  
Polymers



기술개발단계

실험실 단계

실증 단계

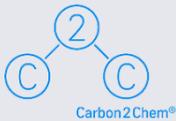
상용화 단계

## 2.2 CCU 관련 해외 주요 프로젝트

### 부생가스 활용

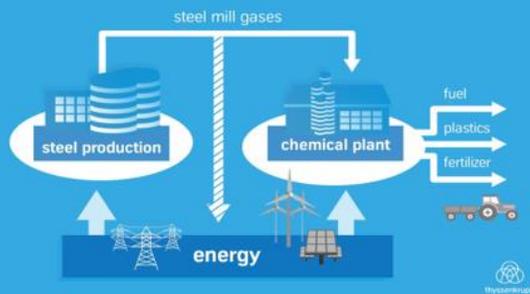


- 철강부생가스 원료 폴리우레탄 원료 제조
- Arcelor-Mittal, Covestro, 아헨공대 등 14개의 산학연 독일 중심 협력 연구사업
- 2017~2020, 연구비 100억원 규모



- 철강부생가스 원료 메탄올제조공정 실증 (신재생 수소 이용)
- Thyssenkrupp, Clariant, Linde, BASF, 아헨공대 등 17개의 산학연 연구사업
- 2017~2020, 1,200억원/연구비

#### The Carbon2Chem process



### CO<sub>2</sub> 전환



- 새로운 네트워크 에너지 구조, Power2X, 산업공정, 시스템 통합
- Energiewende Research Forum (90개 기관)
- 2015~2025, 연구비 5,160억원 규모



- CO<sub>2</sub> 원료 Chemicals, Fuels, Material 제조기술
- SCOT사업기반 CCU기술/정책개발 유럽 연합
- Horizon2020 내 135개 CCU 프로젝트 7,100억원



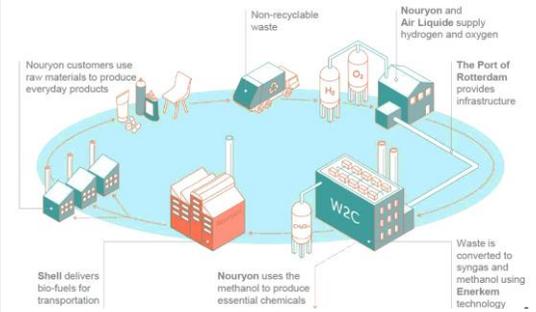
- CO<sub>2</sub> 원료 대체탄소공급원으로 가능성 평가
- DECHEMA, (영)셰필드대학, Trinomics 참여
- Horizon2020 내 프로젝트 640억원 (2016~2018)



- CO<sub>2</sub>+수전해 H<sub>2</sub> 이용 메탄올제조공정 상용화
- 수전해 (Sunfire, 독), 메탄올 (Total, 프)
- 2020~2024, Total 탄소중립펀드 4,700억원 조성

### 유기성 폐기물 활용

#### Waste to Chemicals Rotterdam



- 유기성폐기물 원료 메탄올 제조기술 상업화
- Nouryon, Air Liquide, Shell 등 5개 기업 콘소시움
- 2021 상업화 목표 (총 투자액 3,100억원)

#### ALTA

- 생활쓰레기 원료 항공유 제조기술 상용화 프로젝트
- Velocys, Shell, British Airways 참여
- 영국 Immingham에 50만배럴/연구비 상용플랜트 건설 (2021~2024), 예산 120억원

## 2.3 CO<sub>2</sub> 활용기술 동향 (탈탄소화, 재생에너지 활용과 융합)



# 2.4 CCUS 관련 국내 주요 프로젝트

## Korea CCS 2020 사업

'20년까지 \$30/톤-CO<sub>2</sub> 이하  
CCS 원천기술 개발

- 기간: '11.11 ~ '20.5 (8년 7개월)
- 총 예산: 1,721억 원
- 분야: CO<sub>2</sub> 포집 기술  
CO<sub>2</sub> 소규모 저장 실증  
CO<sub>2</sub> 전환 이용기술



## 차세대 탄소자원화 핵심 기술개발

세계최고수준 한계극복형  
탄소자원화 원천기술 개발

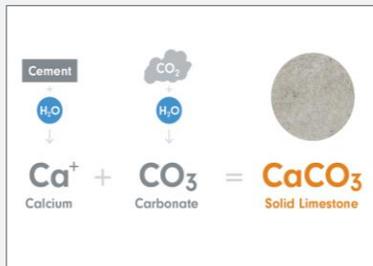
- 기간: '17.9 ~ '21.12 (4년 4개월)
- 총 예산: 352억 원
- 분야: 부생가스/탄소폐자원 활용 기술  
재생에너지 활용 CO<sub>2</sub> 전환 기술  
유기성폐자원 CO<sub>2</sub> 전환 융합기술



## 탄소자원화 기술 고도화

탄소자원화 기술 실증을 통한  
온실가스 감축 및 산업 생태계 조성

- 기간: '17.8 ~ '23.4 (5년 8개월)
- 총 예산: 336억 원
- 분야: CO<sub>2</sub> 광물화 기술 실증



## Carbon to X 기술개발 ('20년 신규)

CO<sub>2</sub>를 자원으로 유용물질 생산이 가능한  
생물·화학적 전환기술 확보

- 기간: '20 ~ '24 (5년)
- 총 예산: 450억 원
- 분야: CO<sub>2</sub> 생물·화학 전환기술



## 습식 포집 실증플랜트 (0.5MW)



서부발전 태안화력

**세계 최고수준의 CO<sub>2</sub> 습식 포집 기술**  
(재생에너지 2.0~2.37GJ/tCO<sub>2</sub>)

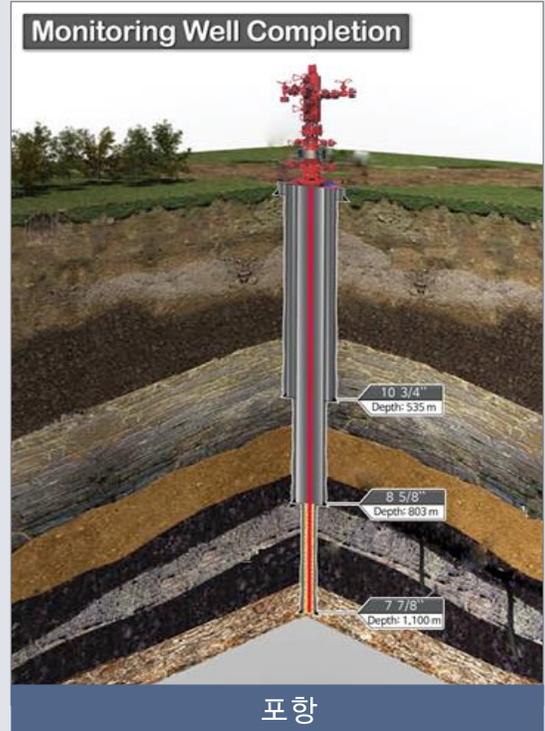
## 건식 포집 실증플랜트 (0.5MW)



대구염색공단 화력발전소

**세계 최고수준의 CO<sub>2</sub> 건식 포집 기술**  
(재생에너지 3.4GJ/tCO<sub>2</sub>)

## CO<sub>2</sub> 지중 저장



포항

1만톤급 파일럿 저장 실증 및 CO<sub>2</sub> 저장 핵심기술 확보를 목표로 저장부지 탐사 및 특성화, 지상설비 구축, 통합 모니터링 시스템 개발, 저장 후 영향평가를 위한 모델링 개발 과제 추진

[출처: KCRC]

# 2.6 CCU 기술 개발 성과 (Korea CCS 2020 사업)

## 미세조류 배양공정 (1톤규모)



광전환 효율이 극대화된  
균주 및 고효율 생물학적  
전환 공정 개발

기술이전: 기술료 9억원

## 포름산 제조공정 실증 (10kg/일규모)



기존 BASF 공정의  
문제점을 해결한  
혁신적 포름산  
제조기술 개발

기술이전: 기술료 30억원

## CO<sub>2</sub> 활용 생분해성 고분자



생분해성 고분자  
제조관련 사업화 가능한  
혁신촉매 개발

기술이전: 기술료 12억원

## 가압 공전해 스택 평가 시스템



전기분해를 통한  
합성가스 제조 시스템  
기술 개발

기술이전: 기술료 2억원

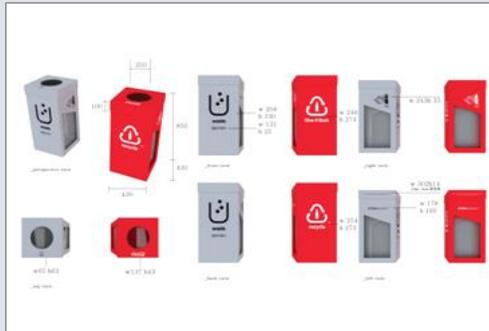
[출처: KCRC]

## CO<sub>2</sub> 저감형 차수성 시멘트 생산 및 활용 광산 채움재 개발



‘차수성 시멘트 활용 폐광산 차수, 채움재 실증기술’은 기술의 혁신성 및 경제성을 확보하여 온실가스 보고·검증 제도인 MRV 검증을 완료하였고, 국내 최초로 CDM 신규방법론을 개발하여 UNFCCC에 등록 신청을 완료

## 2018 평창 동계올림픽에 사용된 In-situ PCC\* 기술 적용 종이제품



종이 쓰레기통



A4 인쇄용지



환경올림픽 홍보 팸플릿

(In-situ PCC) 제지 공정에서 일반적으로 쓰이는 펄프와 충전재(주로 석회석 등의 광물 분말)를 별도로 투입하여 혼합하는 공정이 아닌, 펄프가 존재하는 상태에서 충전재인 PCC(침강성 탄산칼슘)를 직접 합성하는 제지 원료 제조 공정

[출처: 탄소광물화 플래그십]

## 이산화탄소와 수소로부터 청정 액체 연료 제조 촉매 및 공정 개발

- **촉매 개발** 계산화학 활용 촉매의 성분별 역할 규명, 촉매의 성능 최적화 (수율 35.2%)
- **공정 개발** 액체연료와 합성 도시가스 동시 생산하면서, 반응열을 효과적으로 회수하는 공정 설계를 통해 에너지 효율과 CO<sub>2</sub> 저감량을 최대화
- **학술적 성과** Journal of CO<sub>2</sub> Utilization 등 상위 10% 이내 논문 5편 게재
- **기술적 성과** 국내 및 해외 특허출원 (2019-0122009, PCT/KR2020/001275) 등 12건
- YTN, KBS 등 보도 다수

<p><b>K: Chain growth reaction</b></p>	<p><b>Cu: CO<sub>2</sub> activation</b></p>	<p>이산화탄소-취발유 직접 전환 촉매기술 개발</p>
----------------------------------------	---------------------------------------------	--------------------------------

➤ 2030년 기준 재생에너지의 10%를 액체연료로의 전환에 사용할 시, 연간 CO<sub>2</sub> 644만 톤 저감, 액체연료 277만 톤 생산 가능

## 이산화탄소 전기화학 전환 C<sub>2</sub> 화합물 생성 고효율 촉매 개발

- 구리기반 나노입자를 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 환원 조건에서 형상 변화를 유도하여 에틸렌 생성 선택도를 높임.
- **학술적 성과** 019년 3월 발간된 Vol. 141 미국화학회지 (Journal of the American Chemical Society) 표지 논문으로 선정됨 (ACS Energy Lett. 4 (2019) 2241 (IF = 16.331, JCR < 상위 2% 이내))
- **파급효과** 전기화학적 CO<sub>2</sub> 전환에서 구리(Cu)를 활용한 C<sub>2</sub> 이상의 생성물을 생산하기 위한 전략을 제시

<p><b>JACS</b> JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY</p>	
-----------------------------------------------------------------	--

➤ CO<sub>2</sub>를 석유화학 공정을 통해 얻어지는 에틸렌과 같은 가치가 있는 화학물질을 생산하는 원료로 사용했다는 점에서 의미가 큰 것으로 판단

3.1 CO<sub>2</sub> 활용 시장의 잠재력 추정

출처	년도	CO <sub>2</sub> 전망치	예측 (Gt/yr)	기간
IPCC	2005	회피 (Avoidance)	< 1.0	중기
GCCSI	2011	수요 (Demand)	0.57 - 1.87	미래
DNV	2011	회피	3.7	미정
Armstrong & Styring	2015	수요	1.34	2030
Global CO <sub>2</sub> Initiative	2016	수요	7	2030

[참고: 일부 추정치는 사용된 CO<sub>2</sub> 양을 고려하는 반면, 다른 추정치는 회피된 CO<sub>2</sub> 감축량을 고려함]

## [출처]

- 1) IPCC (2005), IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage;
- 2) GCCSI (2011), Accelerating Uptake of CCS: Industrial Use of Captured Carbon Dioxide, excluding non-conversion uses
- 3) DNV (2011), Carbon dioxide utilization - electrochemical conversion of CO<sub>2</sub> - opportunities and challenges
- 4) Armstrong, K. and P. Styring (2015), Assessing the potential of utilization and storage strategies for post-combustion CO<sub>2</sub> emissions reduction
- 5) Global CO<sub>2</sub> Initiative (2016), Global CO<sub>2</sub> initiative launches with ambitious strategy to reduce atmospheric CO<sub>2</sub>

## 3.2 CCU 미래 시장 잠재력의 핵심 고려 요소



## 3.3 CCU 기술별 특징

	기 술			시 장	
	성숙도	CO <sub>2</sub> 소비 (MT <sub>CO2</sub> /MT)	제품 성능 차별화	규제 전망	세계 시장 규모 (USD)
<b>건축자재</b> Concrete	상용화	< 0.1	향 상	억제됨	3,000 - 3,500억
<b>화학제품</b> Chemicals	파일럿	1.0 - 2.0	없 음	중 립	~600억
<b>연료</b> Fuels	파일럿	3.0	없 음	긍정적	~9,000억
<b>폴리머</b> Polymers	상용화	0.3	없 음	중 립	> 200억

● 긍정적 ● 중립 ● 부정적

“ 단기적인 기회는 건축자재와 폴리머에 있으나 시장 여건이 고려되어야 함 ”

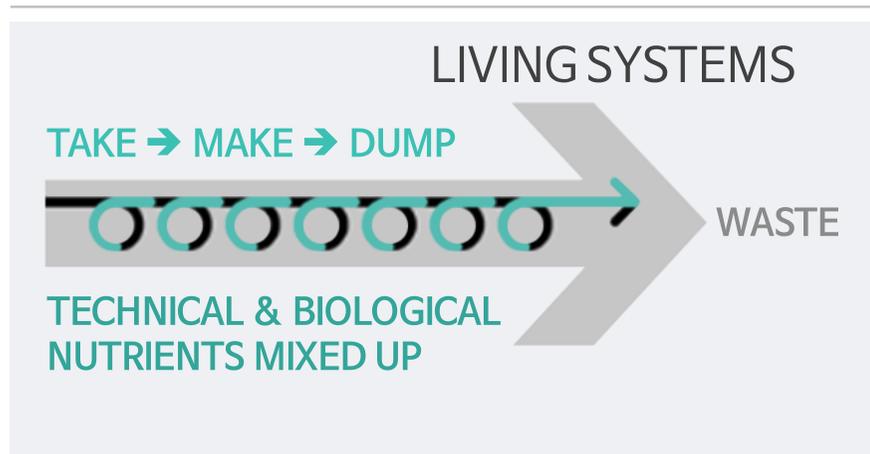
[출처: Lux Research]

# 4.1 순환 경제: 자원 사용의 절제



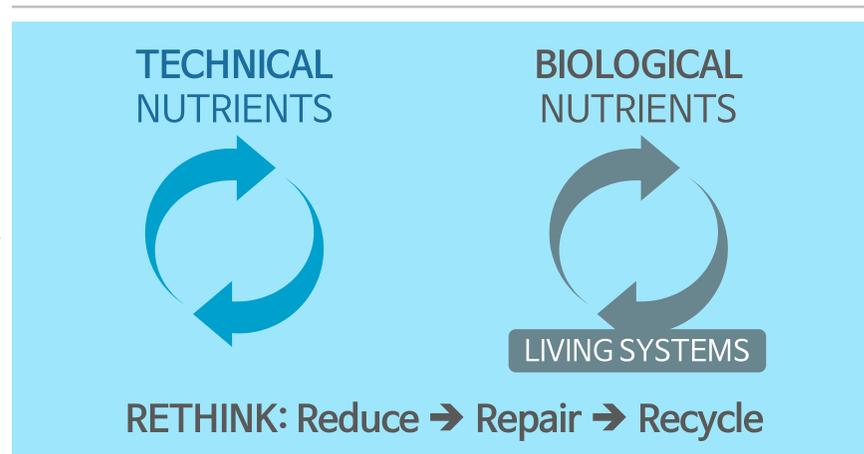
자원에서 에너지 및 제품을 생산하고, 사용 후 폐기하는 일방향 선형경제(Linear Economy)에서 소비된 자원의 회수, 폐기물 또는 재생 자원 활용 등이 극대화된 경제 체계

## LINEAR ECONOMY



Energy from **finite sources**

## CIRCULAR ECONOMY



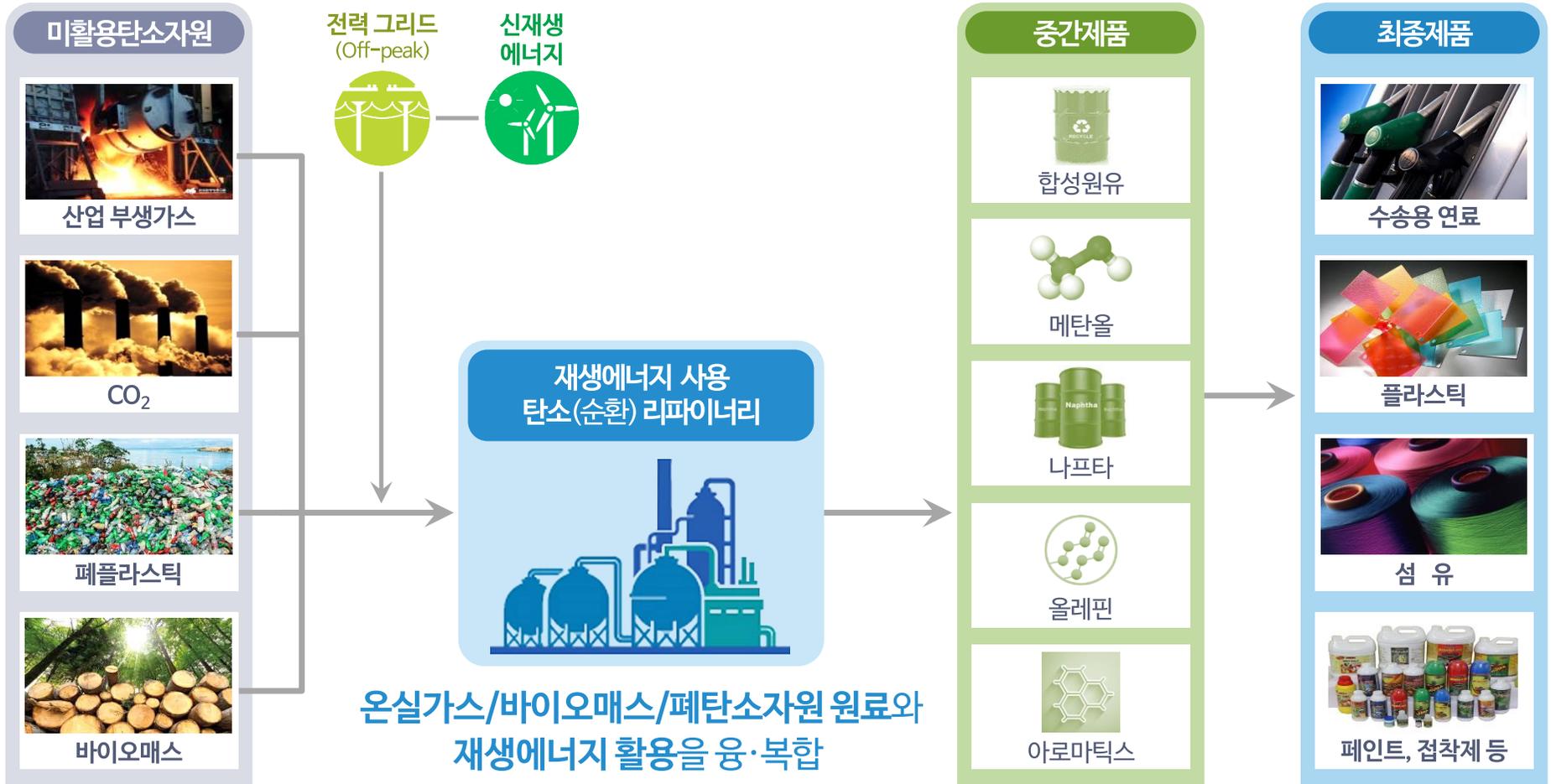
Energy from **renewable sources**

[출처: <https://sustainabilityguide.eu/sustainability/circular-economy>]

\* 유럽은 순환경제 패키지 발표('15년) 및 최종 승인('18년) / \* 우리나라는 자원순환기본법('18년) 제정 등 폐기물 재활용 분야를 중심으로 추진 중

# 4.2 순환형 탄소 리파이너리: CCU의 업그레이드

## 탄소자원의 순환을 극대화한 미래의 산업에 대비



# 4.3 순환형 탄소 리파이너리: 저탄소·탈탄소 시대 대비

온실가스 감축과 함께 경제 성장을 견인할 수 있는 융합 R&D 추진과 시장 육성을 위한 제도 보완

## 원천 기술 개발 추진 현황

CCS

CO<sub>2</sub> 포집 및 저장 처리 기술  
\* Korea CCS-2020 사업 ('11~'20)

탄소  
자원화

온실가스/부생가스/천연가스 활용 기술  
\* 차세대 탄소자원화 연구단 ('17~'21)  
\* 탄소자원화 범부처 프로젝트 ('17~'23)  
\* C1 리파이너리 사업 ('15~'23)

바이오  
리파이너리

생물자원기반 연료 및 제품 생산 기술  
\* 차세대 바이오매스 연구단 ('10~'18)  
\* 기후변화대응기술개발 사업 ('09~)  
바이오에너지 내역사업

## 탄소 순환형 융합 기술 R&D 추진



기술실증 및 시범사업 추진  
온실가스 감축 효과 산정·평가 체계 구축



CCU 제품 시장 진입을 위한 제도 보완

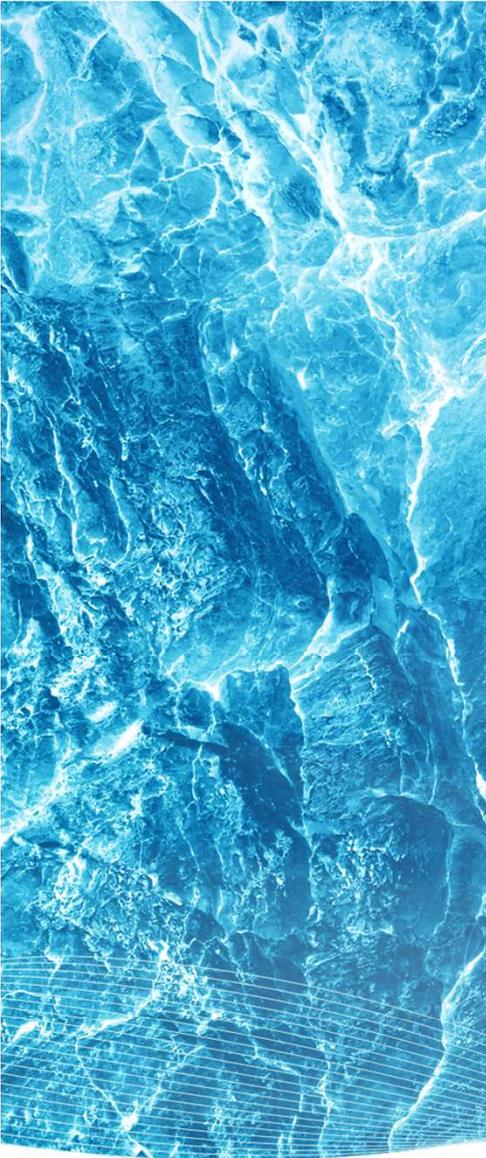


CCU 관련 스타트업 기업 육성



감사합니다.

—  
**NGUP** 차세대 탄소자원화 연구단  
NEXT GENERATION CARBON UPCYCLING PROJECT



# 해양CCS 추진을 위한 사회적 수용성 확보 방안

---

발표자 : 윤 성 순

2020. 07. 09

CHAPTER

# I

# 국내외 사례



LEDS 토론회



# 네덜란드 Barendrecht

## Conflict

### 반대 주장

- 시민사회, 지방정부, 지방의회, 야당의 반대
- 모니터링 계획 미흡
- 인체 영향 검증 부족
- 저장지 주변 지역 자산가치 하락
- 사업 안전성 불확실
- 거주지에 인접한 저장지

## Lesson

### 실패 원인

- 사업 초기 중앙정부의 역할 부
  - 사업 초기 사업자와 지역 이해관계자 대립 구도 형성 시 조정기능 미흡
  - 지방정부 권한을 중앙정부 권한으로 변경하면서 중앙과 지방의 갈등 형성
- 정보 불균형 및 핵심자료 비공개로 인한 의혹 확산
  - 안전성, 모니터링 계획, 위험분석, 지질자료 등 일부 핵심자료 비공개
  - 일반인이 이해하기 어려운 자료 제공
- 초기 적극적인 사회적 수용성 활동 미흡
  - 지역 주민 등 이해관계자 대상 소통 부족
  - CCS 유치를 통한 지역사회의 편익 제시 부족
- 논쟁 초기 정책수단 미비 및 논쟁 확산 대책 부재
  - 지역사회 문제가 언론을 통해 전국적 논쟁으로 확산
  - 의회 개입으로 정치 쟁점화
- 사회적 수용성 제고를 위한 사전계획 부재
  - 전담조직, Public Information Center 전문가 Pool 구성, 홍보활동 등이 이슈화된 이후 추진

C.F.J. Feenstra(2009)

# 일본 Tomakomai

- '11년 경제산업성 주도하에 (주) JCCS 시행  
( '12~'20년까지 연 10만톤 저장 규모 프로젝트)
- 경제산업성(중앙부처), 토마코마이(지자체), (주) JCCS가 협력하여 사회적 수용성 활동 진행
- 활동 : 패널전시, 강연, 포럼, 체험교실, 해외 교류활동, 실증부지 방문 등 공개적 추진. 특히 프로젝트 인근 어업인과 지속적인 대화 병행
- 초기에는 지역시민 대상, 일반시민으로 확대
- 단방향 정보전달 중심 → 지역민과 일반시민 참여하는 쌍방향 형태로 발전

구분	대상	시기	비고
패널 전시	지역 시민, 일반 시민	연중(18~28회)	토마코마이, 인근 지역 대상
강연	지역 시민	연 3~5회	지역 젊은 세대 대상
포럼	지역 시민, 일반 시민	연 1회 정례화	정보 공개, 시민 참여 형태로 진행
체험과학 교실	지역 학생	연 5~7회	학생 대상 체험 활동
실증부지 방문	지역 시민, 일반 시민	연 3~5회	프로젝트 현장 방문
해외 교류 및 홍보	해외 전문가 및 학생	'12년 1회 개최	실증부지 방문, 프로젝트 소개 등

- 에너지부(DOE)가 지원하는 7개 지역 사회적 수용성 활동결과를 토대로 작성된 가이드라인
- 사회적 수용성 활동에 요구되는 10가지 준칙

준칙	주요 내용
1. 대중 활동과 프로젝트 관리통합	프로젝트 초기단계부터 추진, CCS 생애 주기 전 과정에 적용
2. 강력한 대중 활동 팀 구성	전문가로 구성된 팀에 사업 관리 책임자(기관)가 대중에 '의사개발자(Message Developers)의 역할 담당
3. 핵심이해관계자 확인	CCS 사업의 결정에 영향을 미치는 이해관계자 정의하고 분류, 핵심 이해관계자(집단)을 설정(농업인 등)
4. 사회적 특성 파악과 적용	지역경제 여건, 지자체 권한, CCS 연관 분야에 대한 관심, 환경, 신뢰, 미디어, 지역 교육, 지역의 안전도 등
5. 대중활동 및 소통전략 개발	대중 직접 접촉 및 미디어 활용, 위기 발생 시 소통전략 별도 수립
6. 핵심 메시지 개발	CCS 필요성과 프로젝트 가치 전달 가능한 용이한 핵심 메시지 개발
7. 수요자 맞춤형 대중활동수단 개발	수요자의 관심, 지식, 교육수준에 맞는 다양한 홍보자료 활용하여 접근성과 가독성 향상
8. 대중활동 프로그램의 CCS 생애 전과정 시행 및 적극적인 감독	단계별 차별화된 활동, 대중의 요구에 적극 대처, 지속적 접촉, 투명한 정보공개, 의사결정 투명성
9. 대중의 인식과 관심 변화 및 대중활동 프로그램 실행 모니터링	프로그램 효과 평가, 대중의 인식과 관심 변화 파악
10. 대중 활동 프로그램의 개선에 유연성 부여	대중 인식에 영향을 미칠 수 있는 사안들의 정보 제공과 환류체계 구축, 대중으로부터 개선 의견을 반영하여 대중활동 프로그램과 소통방법 개선

# 한국에너지정보문화재단

- (前) 한국원자력문화재단
- 발전/비발전 분야 대상 전국단위의 사회적 수용성업무 담당
- 주요 사회적 수용성 활동
- 사회적 수용성 활동
  - 원자력 종합 수용도 측정 : 필요성, 안전성, 거주지 내 원전 수용도 등 5개 지표, 연1회 인식 조사
  - 상설 전시관 운영 : 한국원자력재단 등
  - 교육사업 : 초,중,고,대학생, 교사, 일반인 대상 프로그램
  - 홍보사업 : 미디어, 직접 접촉을 통한 원자력 홍보

홍보 사업 명	주요 내용
언론 기획보도	원자력 분야 전문가 언론 기고
방송 교양프로그램 제작	공중파 방송사 원자력 관련 다큐멘터리, 퀴즈 프로그램 제작 지원
여론 주도층 원자력 에너지 기행	여론 주도층 대상 원자력 시설 견학 등
원자력 스토리 텔링 공모전	원자력 체험 사례, 생활 속 원자력 이야기 등 일반인, 원자력 종사자 대상 공모전
디지털 커뮤니케이션	페이스북, 블로그(에너지 플래닛) UCC, 스마트폰 어플 등 SNS 운영
홍보 간행물	『원자력 문화(격월)』, 『알기 쉬운 원자력 안전 Q&A』, 『방사선 오디세이』 등 제작 보급
원자력 안전 토론회	원자력 관련 주제 국내외 토론회 개최
원자력 유관기관 협력관계 구축	YTN, 한국원자력의학원, 원자력연구원 등 국내 유관기관과 MOU 체결, 일본 원자력문화재단, 미국 원자력 에너지협회 등 해외 유관 기관과 협력 체계 구축

CHAPTER

## II

# 해양CCS 사회적 수용성 계획



LEDS 토론회



# 개념 정의와 범위

## 정의

- CO<sub>2</sub> 발생원으로부터 포집된 CO<sub>2</sub>스트림을 선박이나 해저 파이프라인을 통한 해양지중저장으로 사회에 피해를 주거나 위험을 사회 구성원이 인식의 공유과정을 통해 받아들일 만한 것으로 인정하는 것
- 사회 구성원과 인식 공유, 사회적 합의를 통한 수용성 증대 목적
- 과학기술을 사회적으로 수용하기 위한 정책적 노력
- 일반 대중과 전문가, 지역사회와 국가, 일반 대중과 지역 시민 간의 인식 차를 줄이는 활동

## 시간적·공간적 범위

- 시간적 범위  
저장부지 선정 → 허가 → 시추 및 시공 → 주입  
→ 폐쇄 및 모니터링 전 과정
- 공간적 범위  
임시저장소, 해양지중저장 인근 해역 지자체,  
일반 국민  
※ 수용성 범위 ≠ 영향범위 = 지원대상 범위

## 이해관계자 분류와 대상

- 공간적 범위 확정 후 정확한 분류 가능
- 임시저장소, 해역을 기준으로 개괄적 대상 분류 및 정의

이해관계자 분류	대상
지방 정부	임시저장소, 저장 해역을 관할하는 광역자치단체, 기초자치단체
의회	임시저장소, 저장 해역을 관할하는 국회의원, 광역 및 기초 지자체 의원
공공기관	공기업, 출연연구기관 등 공공기관
비즈니스 관계자	임시저장소 주변 기업, 해양지중저장 관심 기업, 수협, 상공회의소 등
어업인	임시저장소, 저장 해역에서 조업하는 어업인, 어업인 단체 등
시민 단체 등	환경 단체, 여성 단체, 교육 단체, 노인 단체 등
종교 단체	종교 단체
교육기관	초, 중, 고교, 대학 등 지역에 설립되어 있는 교육기관, 교육자
언론	지역 언론, 지역과 연계된 중앙 언론, 인터넷 언론
인터넷 모임 조직	지역에 활동 기반을 둔 온라인 카페, 동호회 등

# 비전과 전략

## 안전하고 공감하는 CO<sub>2</sub> 해양지중저장

### 4대 전략

수용성 활동  
기반 마련

국민 공감대  
형성

이해 및 인식  
증진

투명성 및  
안전성 확보

## 전략별 주요 과제(예)

1

### 수용성 활동 기반 마련

- 사회적 수용성 활동 전담 조직 구성, 운영
- (가칭) CO<sub>2</sub> 해양지중저장 교육 및 홍보센터 건립, 운영
- 실증 프로젝트 방문자센터 건립, 운영
- 연구개발, 국내외 네트워크 구축 및 국제협력사업 시행

2

### 국민 공감대 형성

- CCS 사회적 수용성 측정(모형 및 지표개발, 방법 등)
- CCS 해양지중저장 공감단 구성 및 운영
- 블로그 등 SNS, Opinion Leader, 언론 등을 통한 홍보계획 마련
- 지역 및 일반 시민, 이해관계자 대면 프로그램 운영

3

### 이해 및 인식 증진

- 대상별 맞춤형 교재 개발 및 교사 연수 프로그램 운영
- 체험교실, 여름학교 등 초,중,대학생 참여 교육프로그램 개발 및 운영
- 저장소 방문 프로그램 운영
- 패널전시, 강연, 포럼 등 국민과 소통하는 프로그램 개발

4

### 투명성 및 안전성 확보

- CCS 해양지중저장 홈페이지 운영을 통한 정보 공개
- 실증 프로젝트 과정, 주입, 저장 등에 대한 실시간 영상 정보 공개
- 사업추진 진행과 성과에 대한 정기적 설명회 개최
- 지역 주민 대상 해외 실증 사이트 탐방 프로그램 운영
- CCS 해양지중저장 정보 공개 범위, 절차 등 제도화

# 추진체계

## 중앙부처

- 계획 수립, 예산 지원, 사회적 수용성 활동 평가, 관리 감독
- CCS 해양지중저장 공감단(중앙부처, 지자체, 시민단체, 이해관계자, 사업자 등 참여 협의기구) 구성 및 운영
- 관련 정보의 공개 내용, 절차 등에 대한 제도 마련

## 사업 시행기관 (운영기관)

- 현장 사회적 수용성 활동 실행계획 수립
- 홈페이지 구축 및 관리, 네트워크 구축
- CO2 해양지중저장 교육 및 홍보센터 건립, 운영
- 언론 및 교육사업 시행 등 일반 시민 대상 사회적 수용성 활동 추진

## 사업 시행기관 현장 조직

- 실증사업부지(운영부지) 현지 설치
- 사회적 수용성 제고를 위한 지역기반 제반 활동 수행
- 이해관계자 등에 대한 대면업무 수행
- 현장 방문자 센터 관리



# 감사합니다

THANK YOU

주최 : 2050 장기 저탄소 발전전략 수립을 위한 범정부 협의체  
장소 : 코엑스 컨퍼런스룸

[2050 장기 저탄소 발전전략 수립을 위한 전문가 토론회]

# CCUS 산업 육성과 저탄소 발전전략

공주대학교 권이균

# 01. 저탄소 발전전략의 필요성

## 인류가 직면한 가장 심각한 위기라는 공감대

- 지금까지 경험하지 못한 심각한 지구의 자정 능력 상실, 희망은 있는가?
- 지금도 늦었으며, 더 늦어지면 희망이 없을 수도 있는 상황

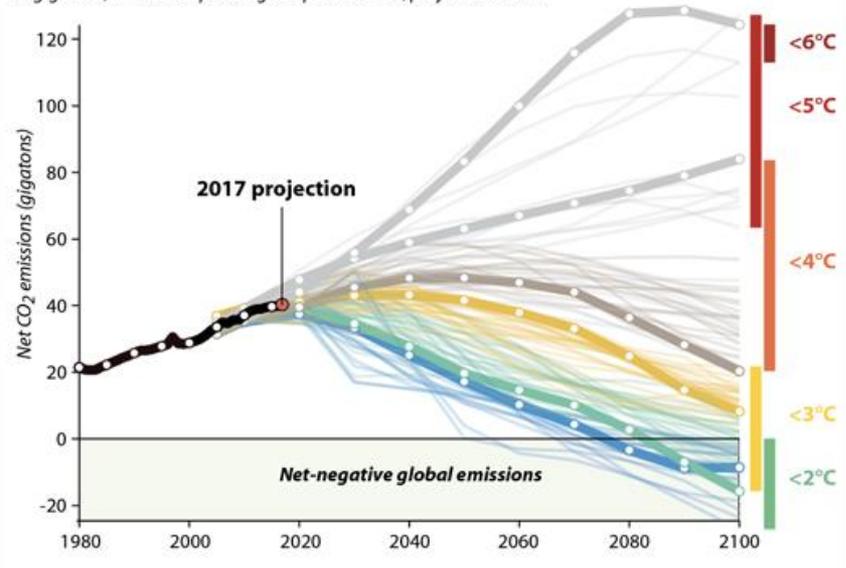


## CO<sub>2</sub> Emissions Are Still Rising

Human-caused greenhouse gas emissions had appeared to be leveling off, but new research shows 2017 is headed for a new high. The future projections show how emissions levels translate to temperature rise.

### FOSSIL FUEL AND LAND-USE CO<sub>2</sub> EMISSIONS

In gigatons, with corresponding temperature rise, projected to 2100



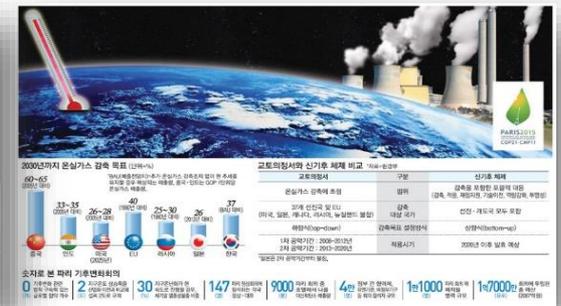
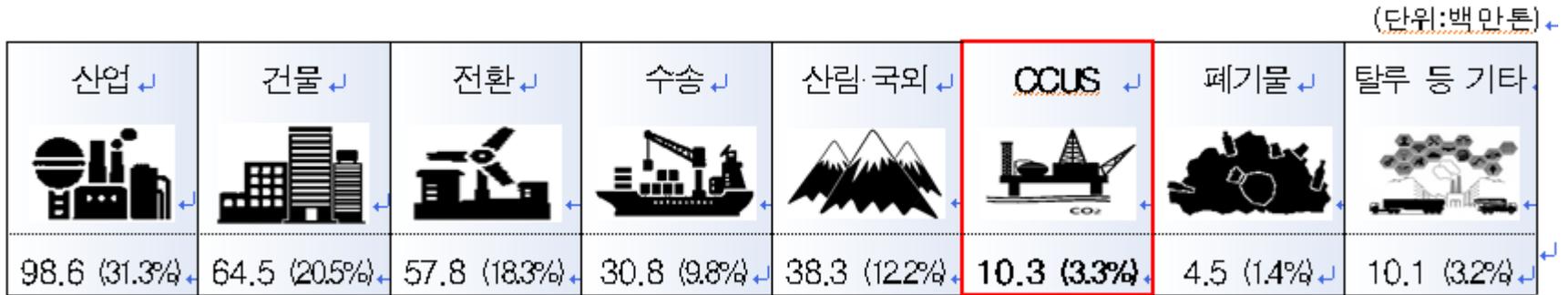
SOURCE: Global Carbon Project 2017

InsideClimate News

# 02. NDC 목표

## 파리협정으로 2030 온실가스 감축목표 제시

- 우리나라는 2030년 BAU(851백만톤) 대비 37%(318백만톤) 감축목표 제출  
(CCS를 통해 400만톤, CCU를 통해 630만톤 감축 예정)



### 03. 환경부 민간포럼 LEDS안

- 저탄소 사회 전환과 지속 가능한 탄소중립 국가 정책 구현
- 온실가스 배출 목표 5개 안 제시
  - 국내 저탄소 정책 · 기술 및 국제 동향, 파리 협정에 따른 2°C 이하 목표 고려
  - 1~5안의 '50년 온실가스 배출량은 '17년(709.1백만톤) 대비 약 75%(178.9백만톤), 69%(222.0백만톤), 61%(279.5백만톤), 50%(355.9백만톤), 40%(425.9백만톤) 제시

#### CO<sub>2</sub> 포집, 저장, 활용

- 전환부문 : 석탄화력발전소 및 LNG 발전소 배출 CO<sub>2</sub>의 상당량을 CCUS로 감축
- 산업부문 : '50년 산업 전체 배출량의 일정 수준(선진국 대비 비슷한 수준)을 CCUS로 감축

가정 및 전제  
문제점 제기

감축 경로 부적정, CCS 저장용량 제시 오류, CCU 기술 적용규모의 비현실성,  
산업부문의 CCS·CCU 기술 미구분

## 04. LEDS 목표 설정의 방법론 수정 필요

### ▪ 전략 수립을 위한 전제에 대한 확인 및 합의가 중요

- 전환부문과 산업부문을 구분 → CCUS의 경우 전환과 산업의 구분이 타당한가?
- CCUS 목표 설정을 위한 기본 전제에 대한 합의 선행이 필요

#### CCS

- 동해 서남부 대륙붕 저장소 저장용량 : 약 1-2억톤
- 서해 대륙붕 저장소 저장용량 : 약 2-4억톤
- 석탄화력발전, LNG발전, 산업계(석유화학 등) 포집원 현황 고려
- 포집원과 저장소 위치 및 경제성 확보를 위한 시나리오 분석 선행이 필요

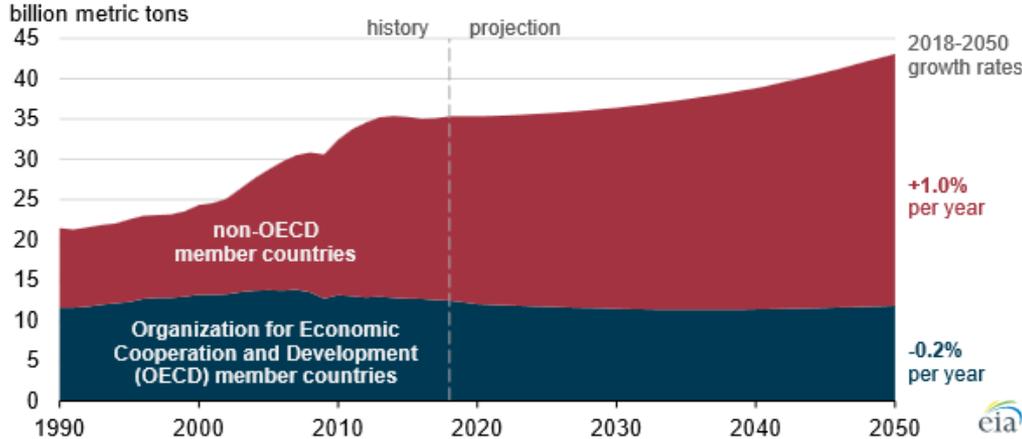
#### CCU

- 다양한 CCU 기술들을 개별적으로 고려할 경우, LEDS 목표 수립이 쉽지 않음
- CCU 기술 분류체계를 이용하여 3대 기술그룹별로 분석할 필요가 있음
  - ① 광물 탄산화, ② 화학적 전환, ③ 생물학적 전환
- '30년 감축목표량은 현재 기술시장과 기술수준을 객관적으로 고려하여 결정
- '40년, '50년 감축목표량은 신규시장 대체비율을 적절한 수준에서 설정 필요
- CCU 기술을 온실가스감축형과 부가가치창출형으로 구분하여 감축목표 설정

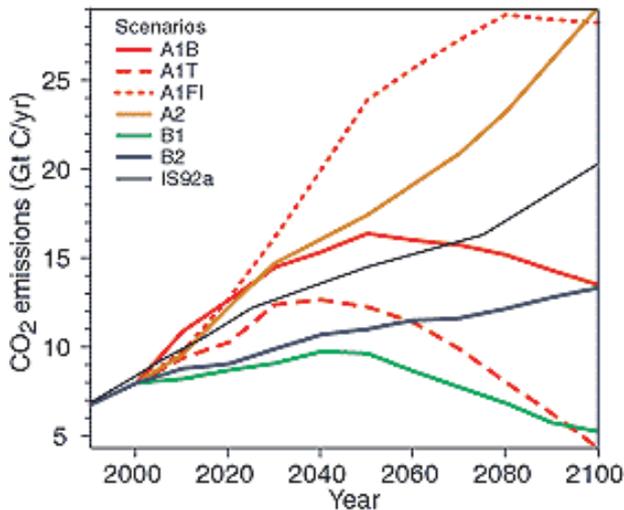
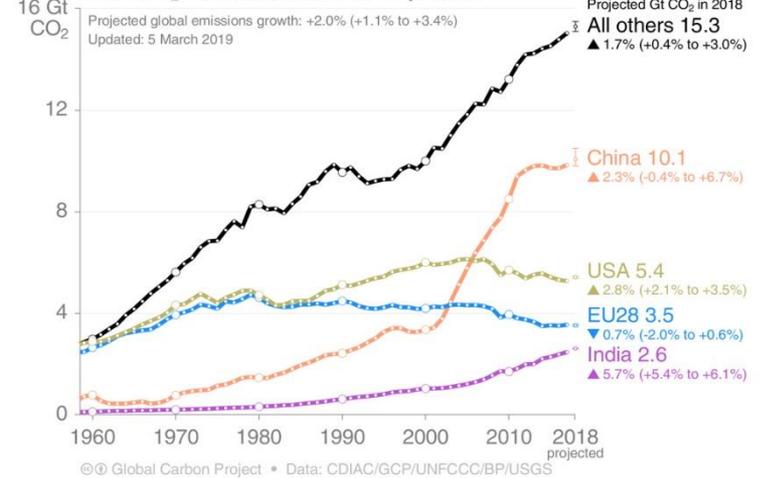
# 05. LEDS 목표 설정의 내재적 어려움과 고민

## ■ 화석연료 사용은 줄어들고, 온실가스 감축 노력은 실효를 거둘 것인가?

Global energy-related carbon dioxide emissions in IEO2019 Reference case (1990-2050)



Fossil CO<sub>2</sub> Emissions and 2018 Projections

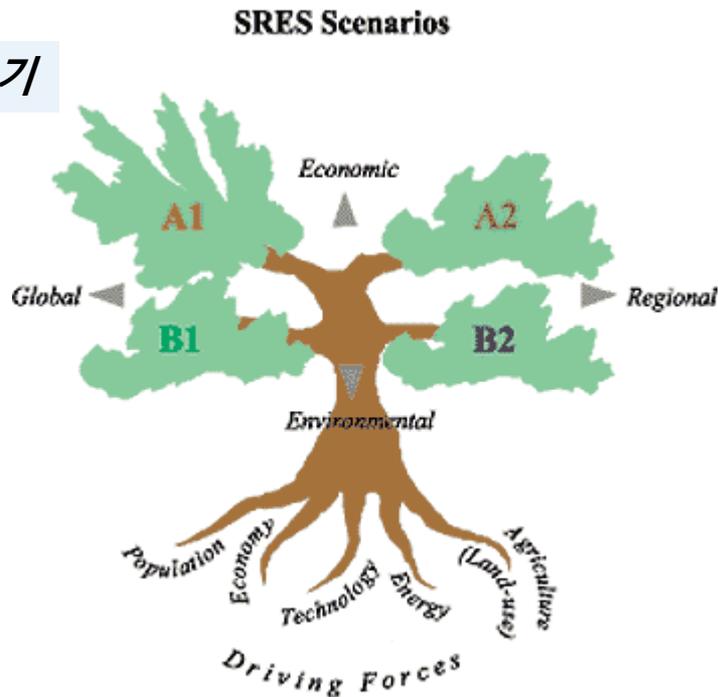


## ■ 사실상, 2050년까지 어떤 시나리오도 온실가스 감축 전망에 대해 긍정적이지 않음

- A1B : A balance emphasis on all energy sources
- A1T : Emphasis on non-fossil energy sources
- A1F1 : An emphasis on fossil fuels
- A2 : Independently operating, divided world
- B1 : More integrated, ecologically friendly world
- B2 : More divided, but ecological friendly world
- IS92a : IPCC's standard scenario (1992, published)

# 05. LEDS 목표 설정의 내재적 어려움과 고민

포기할 수 없는, 그러나 대치하고 있는 두 가지 목표, '환경' 그리고 '경제'



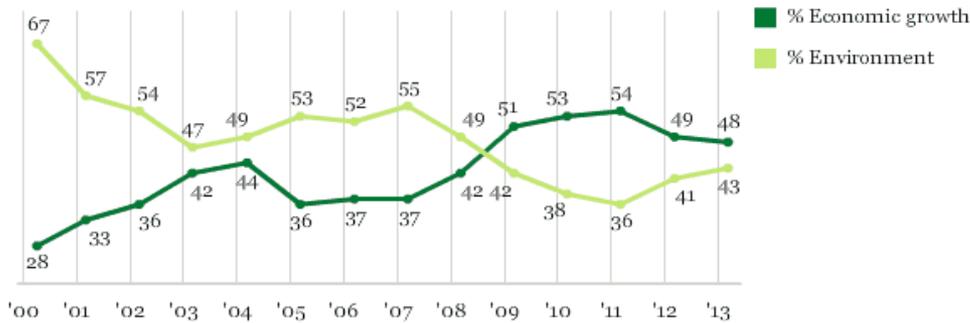
- 이데올로기적으로 접근할 것인가?
- 분명히 대척점에 있으면서, 공존해야 하는 가치임을 인정해야.....
- 좀 더 신중하고 통찰력 있는 접근 필요

# 05. LEDS 목표 설정의 내재적 어려움과 고민

## 또한, 당파적 주장에 오염된 정치적 문제로 변질, beyond 과학

### Prioritizing Environmental Protection vs. Economic Growth -- Recent Trend

With which one of these statements about the environment and the economy do you most agree -- [protection of the environment should be given priority, even at the risk of curbing economic growth (or) economic growth should be given priority, even if the environment suffers to some extent]?

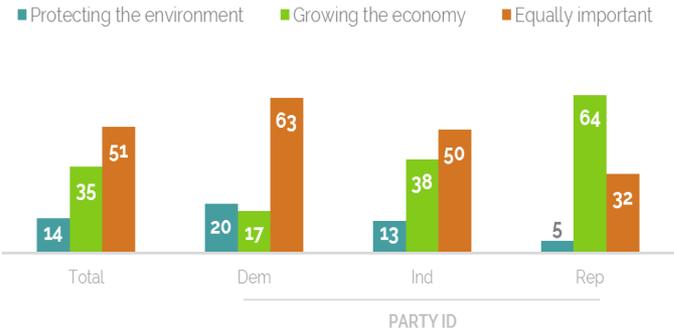
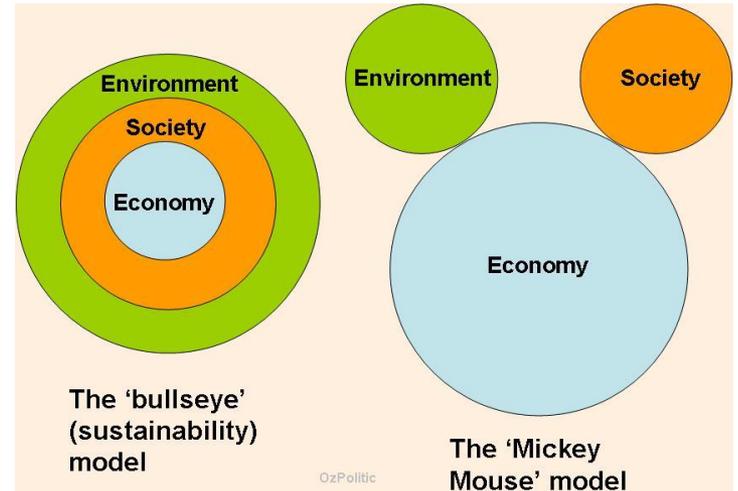
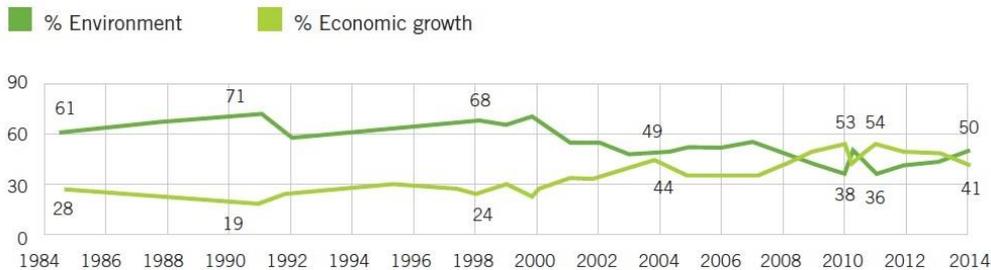


Trend based on Gallup's annual Environment surveys, conducted April 2000 and each March since 2001.

### GALLUP

Figure 1. Prioritizing Environmental Protection versus Economic Growth, 1984–2014

With which one of these statements about the environment and the economy do you most agree—protection of the environment should be given priority, even at the risk of curbing economic growth (or) economic growth should be given a priority, even if the environment suffers to some extent?



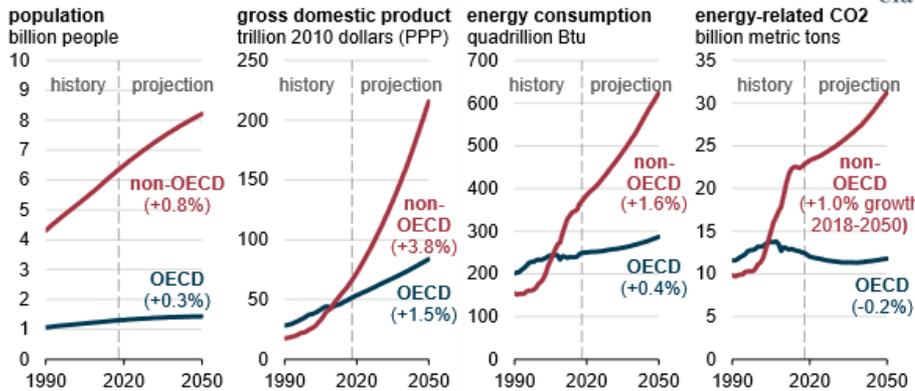
- 치열하게 경쟁하는 정치적인 쟁점
- 점차로 'bullseye' 모델로 전진

# 05. LEDS 목표 설정의 내재적 어려움과 고민

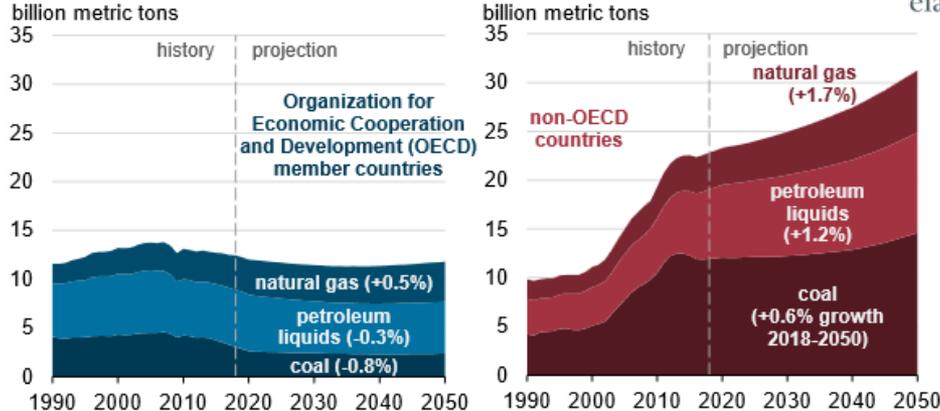
## ■ 환경전쟁 vs 경제전쟁, 저탄소 발전전략으로 경제 전쟁에서 살아남을 수 있는가?

- 저탄소 전략으로 중국, 인도, 비 OECD 국가와의 경쟁에서 살아남을 수 있는가?
- 아니면, 서방 선진국과의 경쟁에 자신이 있는가?

Global economic, energy, and environmental metrics in IEO2019 Reference case



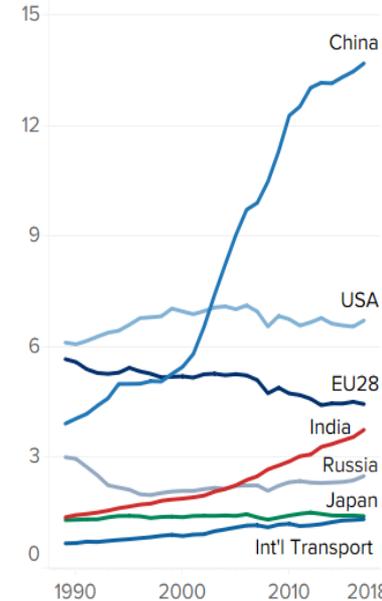
Energy-related carbon dioxide (CO2) emissions in IEO2019 Reference case (1990-2050)



## Top greenhouse gas emitters

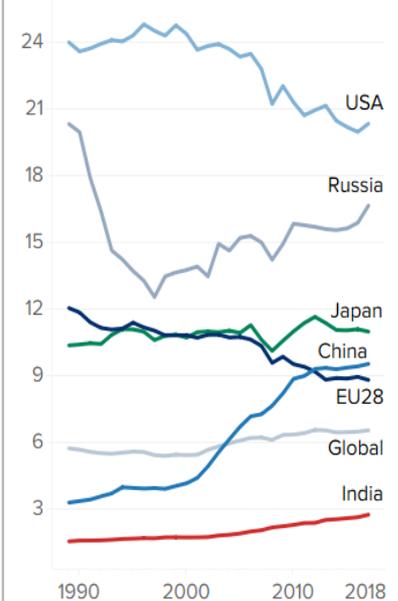
Absolute Basis

Gigatonnes of CO2 Emissions



Per Capita Basis

Territorial CO2 Emissions Per Capita



SOURCE: UN Environment Programme. Excluding land-use change emissions due to lack of reliable country-level data.

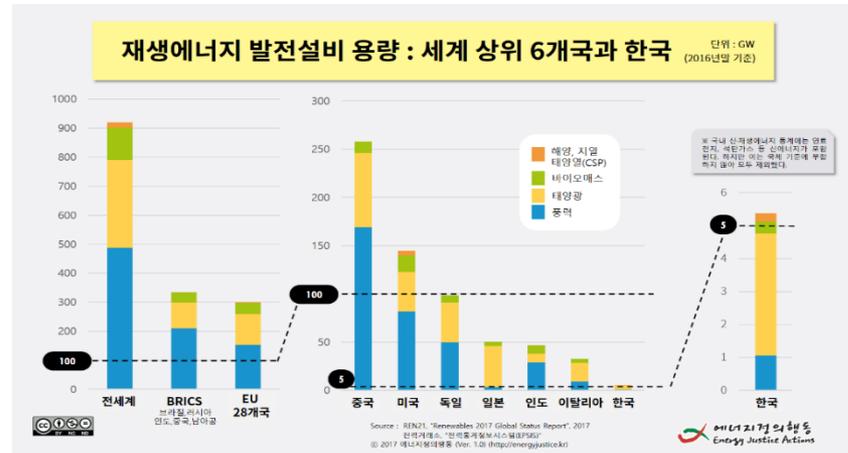
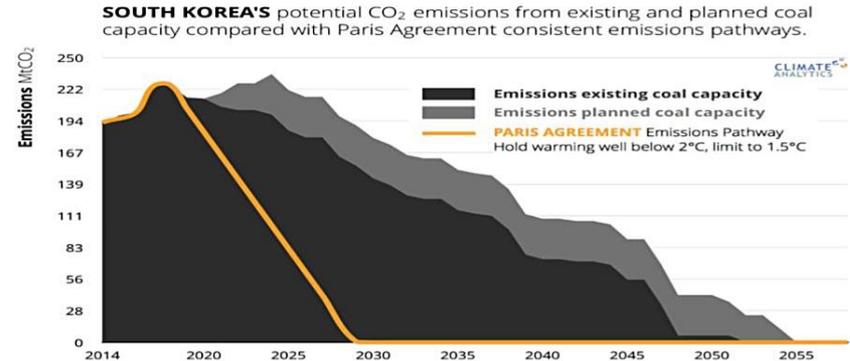
# 06. 저탄소 강국 구현에 대한 현실적 딜레마

## 우리는 저탄소 강국 도약이 가능한가? 쉽지 않은 목표

- 정부는 '저탄소 에너지 구현'을 발표했지만, 현재 우리는 화석연료 위주의 에너지 사용으로 탄소배출량 증가속도가 OECD 회원국 가운데서 터키에 이어 두번째로 높은 상황
  - 석탄 연료 사용으로 인한 온실가스 배출량은 전체 배출량의 42%

	Change in carbon intensity 2017-2018	Annual average change in carbon intensity 2000-2018	Change in energy related emissions 2017-2018	Real GDP growth (PPP) 2017-18	Carbon intensity (tCO <sub>2</sub> / \$m GDP) 2017-2018
World	-1.6%	-1.6%	2.0%	3.7%	253
G7	-1.7%	-2.2%	0.3%	2.1%	214
E7	-2.2%	-1.7%	3.1%	5.4%	301
Germany	-6.5%	-2.2%	-5.2%	1.4%	162
Mexico	-5.2%	-0.7%	-3.4%	2.0%	178
France	-4.2%	-2.5%	-2.6%	1.7%	107
Italy	-4.0%	-1.9%	-3.2%	0.9%	131
Saudi Arabia	-4.0%	1.1%	-1.8%	2.2%	365
China	-3.9%	-2.9%	2.4%	6.6%	378
EU	-3.7%	-2.3%	-1.8%	2.0%	156
Brazil	-3.5%	-0.3%	-2.4%	1.1%	137
UK	-3.5%	-3.7%	-2.1%	1.4%	128
Japan	-3.0%	-1.2%	-2.3%	0.8%	216
Canada	-2.2%	-1.7%	-0.4%	1.9%	326
Turkey	-2.2%	-1.2%	0.3%	2.6%	163
Australia	-1.8%	-2.1%	0.9%	2.8%	308
South Korea	-0.7%	-1.2%	2.0%	2.7%	387
US	-0.3%	-2.5%	2.5%	2.9%	255
Argentina	-0.1%	-0.1%	-2.6%	-2.5%	192
South Africa	0.0%	-1.8%	0.6%	0.6%	519
Indonesia	0.4%	-1.4%	5.6%	5.2%	154
India	0.7%	-1.4%	7.7%	7.0%	239
Russia	1.6%	-2.6%	3.9%	2.3%	402

Top 5 performers Bottom 5 performers



# 07. 도그마가 아닌 실용적 추진전략

## ■ 현실에 기반한, 창의적이고 도전적인 접근이 실용적 접근의 시작

- '그린뉴딜'은 경제 회복, 신산업 육성, 녹색성장을 위한 창의적 접근 사례
- CCUS 기술개발 및 실증 프로그램은 '그린뉴딜'의 핵심 사업에 포함될 필요

### '한국판 뉴딜'에 '그린뉴딜' 정책 포함 - 5/12 정부 발표

그린 뉴딜  
자료=기재부

- 1 도시·공간·생활 인프라 녹색전환
  - 어린이집·보건소 등 공공시설 제로에너지화 전면전환
  - 스마트 그린도시 조성을 위한 프로젝트 100개 추진
  - ICT 기반 스마트 상수도 관리체계 구축
- 2 녹색산업 혁신 생태계 구축
  - 그린뉴딜 선도 100대 유망기업·5대 녹색산업 육성
  - 제조업 녹색전환을 위한 저탄소·녹색산단 조성
- 3 저탄소·분산형 에너지 확산
  - 아파트 등 민간건물에 지능형 스마트그리드 구축
  - 태양광·풍력·수소 등 3대 신재생에너지 확산 기반 구축
  - 온실가스 저감효과 큰 친환경 차량·선박으로 전환

·12조9000억원 투자, 일자리 13만3000개 창출 목표



☑ 경제시스템을 화석연료(석탄·석유·천연가스)에 기반한 고탄소 경제구조에서 재생에너지(태양·풍력 에너지)에 기반한 저탄소 경제구조로 변화

☑ 이산화탄소 배출량 2050년까지 "제로(0)" 권고

- 2015년 이산화탄소 배출 감축목표 BAU의 37%를 감축한 5억 3600만톤
- 2019년 온실가스 배출량 5억 8941만톤
- 비슷한 수준

☑ 탄소 산업 유지를 위한 정부 투자 여전

- 재생에너지 투자와 석탄화력발전소 지원 병행
- 탄소세 도입으로 구산업에서 신산업으로 구조 전환



# 07. 도그마가 아닌 실용적 추진전략

## ■ 창의적이고 도전적인 실용주의적 CCUS 추진전략

- 구체적이고 프로그램적인 CCUS 상용화 추진전략 수립
- 가변성과 역동성을 극대화하여 신산업 육성을 추동하는 CCUS 추진전략 필요

기술개발



실증



상용화



현실에 기반한 프로그램적인 CCUS 추진

기후환경변화, 기술혁신발전, 사회인식변화, 산업구조변화 → 가변성과 역동성

창의적이고 도전적인 신산업의 창출과 산업혁신 추동



혁신적 포집산업



FPSO형 조선산업



해양 플랜트산업



석유개발 신산업



저탄소 수소산업

## 08. 저탄소 사회 진입 기여를 위한 CCUS 추진의 전제

### 저장소 확보

- 지속적인 저장소 탐사 및 시추를 통해 최대 총 용량 6 억톤 (연 2,000 만톤) 규모의 국내 대륙붕 CCS 저장소 확보

### 기술 개발

- 정부의 R&D 지속 투자 → 포집기술 고도화, 공정 최적화, 저장효율 고도화, 저장 안전성 확보 기술 등 CCS 통합실증 사업 추진을 통해 경쟁력 있는 전주기 기술 완성

### 경제성 확보

- CCS 기술 고도화를 통한 비용절감과 경제성 확보 및 CCUS 사업에 대한 CAPEX의 정부 지원 및 인센티브를 통한 기업 참여 환경 조성

### 정책 지원

- 저장소와 연계 가능한 화력(석탄·LNG)발전 CCS-Ready 추진 및 산업계 포집원의 허브 구성을 통한 CCS 연계 활성화 지원 등의 강력한 정책적 의지

### 제도기반 마련

- CCS 사업 관련 법·제도 기반 구축, 안전성과 피해보상 지원을 위한 보험·보상체계 확립 및 향후 제품 시장에서 CCU 기술을 통한 생산품이 시장을 대체할 수 있는 규제 및 지원책 마련

# 08. 저탄소 사회 진입 기여를 위한 CCUS 추진의 전제

▪ CCUS 상용화 추진을 위한 다부처 사업의 착수: 노력의 시작

## 다부처 협력을 통한 대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화 기반 구축

1세부과제	2세부과제	3세부과제	4세부과제	5세부과제
대심도 해양 탐사시추를 통한 대규모 저장소 확보	동해가스전을 활용한 중규모(30~50만톤) CCS 통합실증 모델 개발	대규모 포집기술/포집원 평가 및 150 MW급 포집 플랜트 FEED 설계안 개발	탈황석고를 활용한 광물탄산화 기술 실증 및 온실가스 감축방법론 개발	CCUS 법률안 정비 및 수용성을 포함한 제도적 기반 구축
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양수산부</li> <li>• 산업통상자원부</li> <li>• 과학기술정보통신부</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 한국해양과학기술원</li> <li>✓ 한국지질자원연구원</li> <li>✓ 한국석유공사</li> <li>✓ 공주대학교</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산업통상자원부</li> <li>• 과학기술정보통신부</li> <li>• 해양수산부</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 공주대학교</li> <li>✓ 한국전력공사</li> <li>✓ 한국가스공사</li> <li>✓ 한국지질자원연구원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학기술정보통신부</li> <li>• 산업통상자원부</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 한국화학연구원</li> <li>✓ 한국에너지기술연구원</li> <li>✓ 한국기계연구원</li> <li>✓ 한국지질자원연구원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학기술정보통신부</li> <li>• 산업통상자원부</li> <li>• 환경부</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 한국화학연구원</li> <li>✓ 한국지질자원연구원</li> <li>✓ 한국에너지기술연구원</li> <li>✓ 포항산업과학연구원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학기술정보통신부</li> <li>• 환경부</li> <li>• 산업통상자원부</li> <li>• 해양수산부</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 고려대학교</li> <li>✓ 숭실대학교</li> <li>✓ 중앙대학교</li> <li>✓ 한국이산화탄소포집저장협회</li> </ul>

부제: 기후변화 대응과 온실가스 감축을 위한 CCUS 기술 / 정책적·사회적 수용성 확보를 위한 핵심기술 연구

# 10. CCS 실증 추진전략 구체화

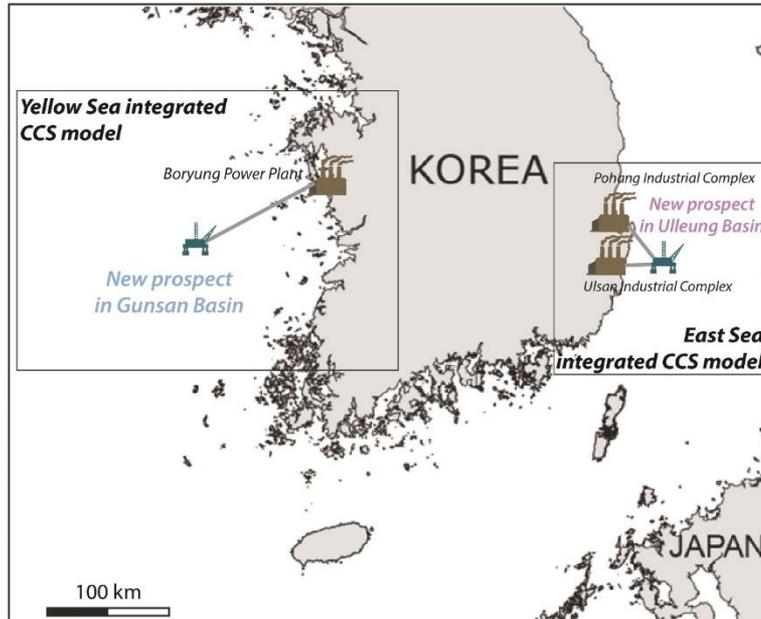
## ▪ 대규모 CCS 통합 실증 조기 추진

중규모 CCS 통합 실증 전략  
[ 동해 서남부 대륙붕 저장소 활용 ]



대규모 CCS 통합 실증 전략  
[ 서해 대륙붕 저장소 활용 ]

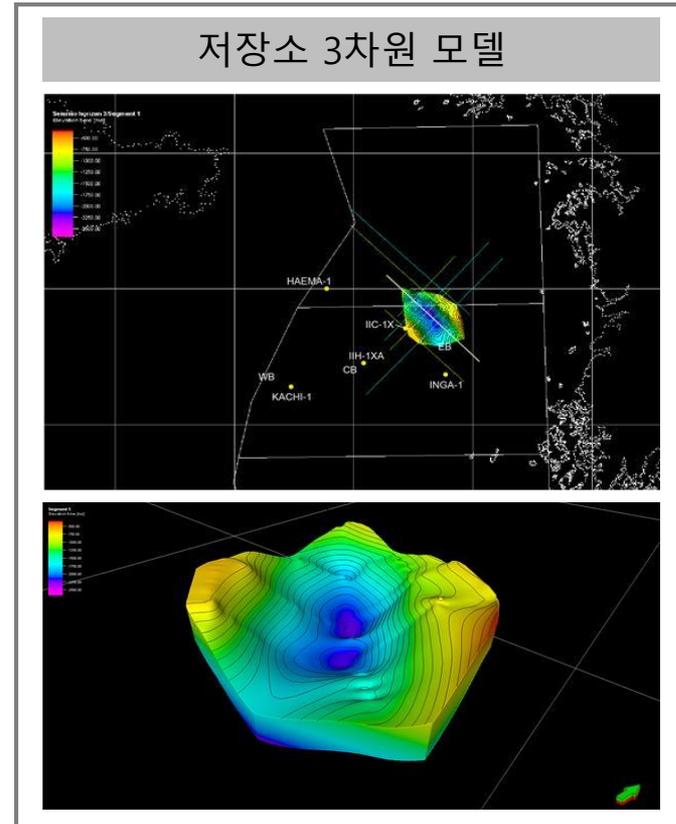
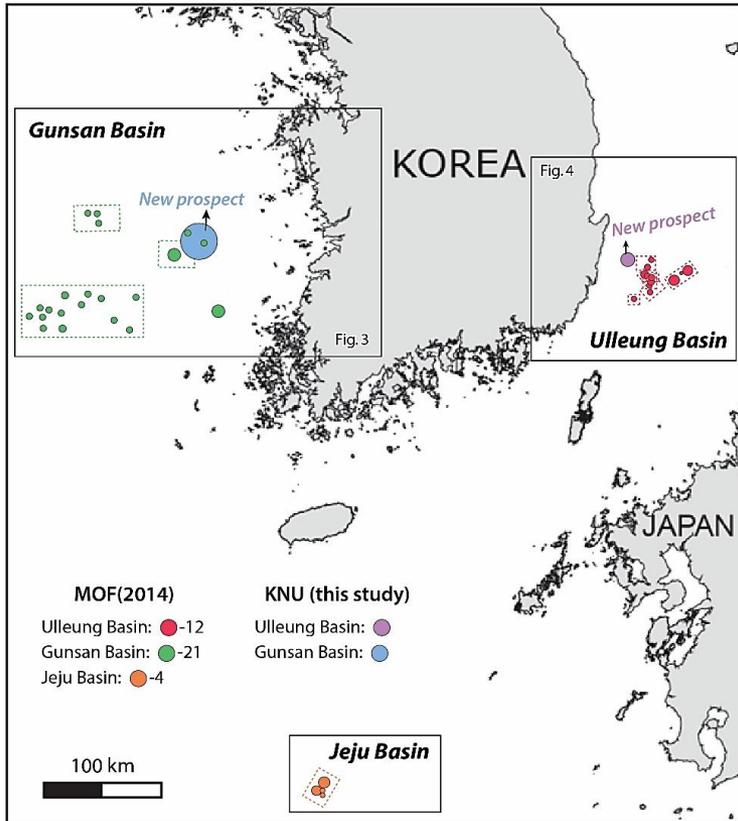
- ✓ 동해 서남부 대륙붕 중규모 실증(1단계), 서해 대륙붕 100만톤급 대규모 실증(2단계), 서해 대륙붕 400만톤급 대규모 실증(3단계)의 단계적 추진



# 10. CCS 실증 추진전략 구체화

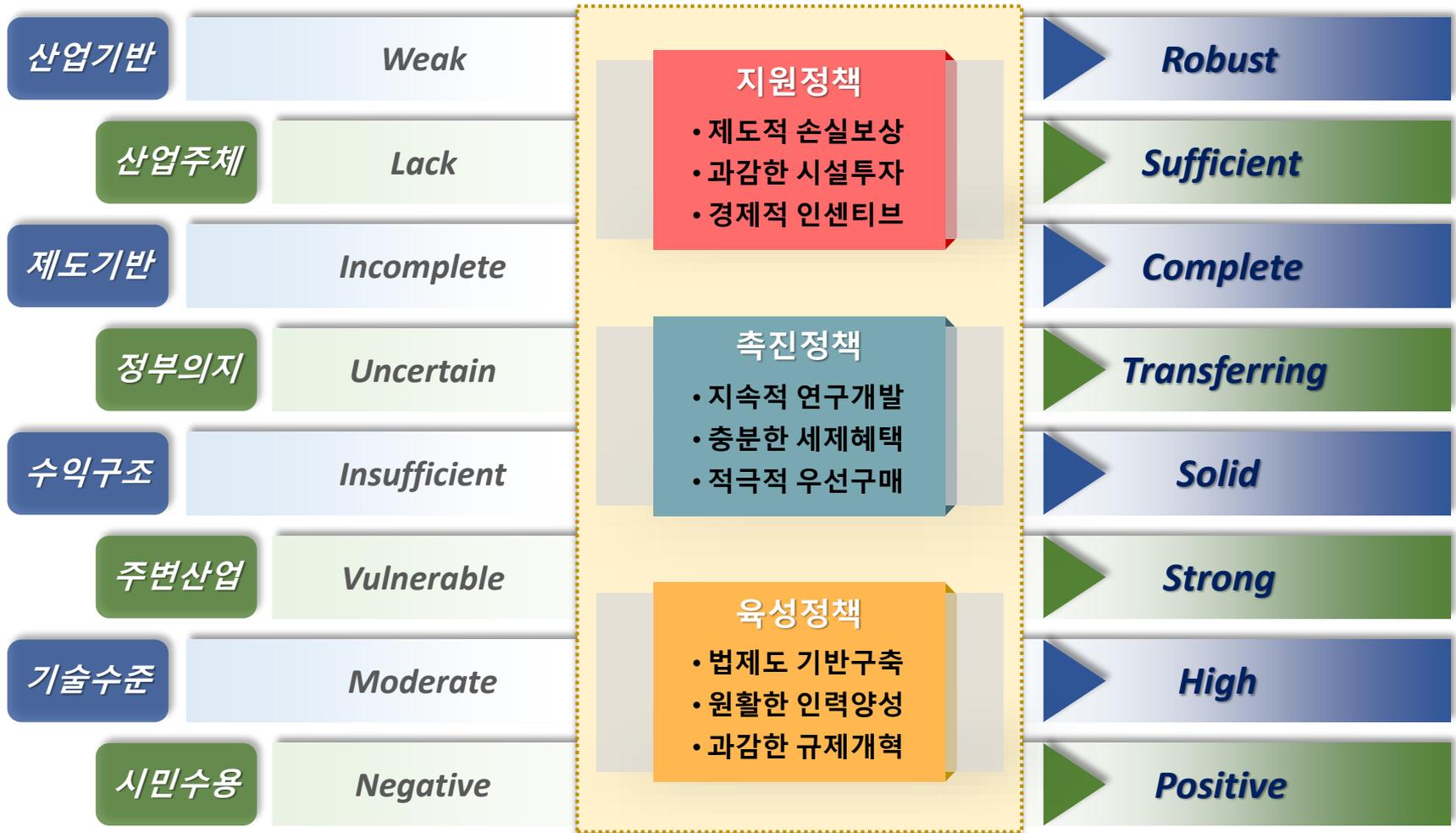
## 서해 및 동해 서남부 대륙붕 대규모 저장소 확보 연구 지속적 추진

- 이산화탄소 저장용량 평가 및 저장소 제안 : 군산분지 동(북동) 소분지
- 약 3억톤 저장 규모의 서해 대륙붕 군산분지 심부 지층 존재 파악(시추 추진 중)



# 11. CCUS 신산업 육성과 산업생태계 활성화

## 정부주도의 지원책, 육성책, 촉진책 과 민간의 자생성



Government-Driven

Naturally Growing

2020

2030

**CCUS** 실증과 상용화의 조기 달성과 온실가스감축목표 달성을 위해

**Thank you!**