

2015 IEA Workshop In Paris  
22 April, 2015

# Current Situation of CCS R&D Technologies in Korea

**Prof. Moon-Hyun, Koh**  
**Soongsil University, Seoul, Korea**  
**(kohmh@ssu.ac.kr)**

# Contents

- 1. CCS in South Korea**
- 2. Environmental management of carbon storage**
- 3. Missions of K-COSEM Research Center**
- 4. Policy and CCS demo plan**
- 5. Conclusion**

# 1. CCS in South Korea

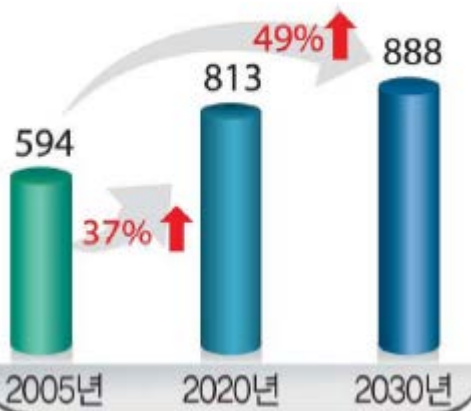
## CO<sub>2</sub> emission reduction goal

### National goal of the reduction of CO<sub>2</sub> emission:

- 30% (= 243 Mt CO<sub>2</sub>) of the expected emission (813 Mt CO<sub>2</sub>) at 2020
- 26.7% of the reduction amount will be accomplished by CCS (2 Mt CO<sub>2</sub>) and renewable energy technologies (Jan 2014; MOE).
- The carbon market was started from 2015.

### Status of CO<sub>2</sub> emission

Total Emission rate  
(Mt CO<sub>2</sub>)



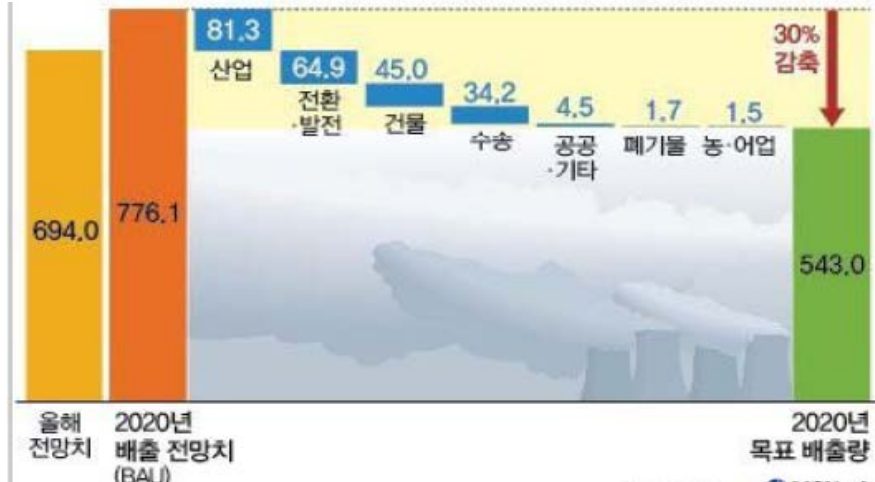
Emission rate per capita  
(Mt CO<sub>2</sub>)



### National CO<sub>2</sub> reduction goal at 2020

#### 2020년 부문별 온실가스 목표 감축량

단위: 백만 tCO<sub>2</sub>e (여섯가지 온실가스를 이산화탄소로 환산한 단위)



## Status of CCS

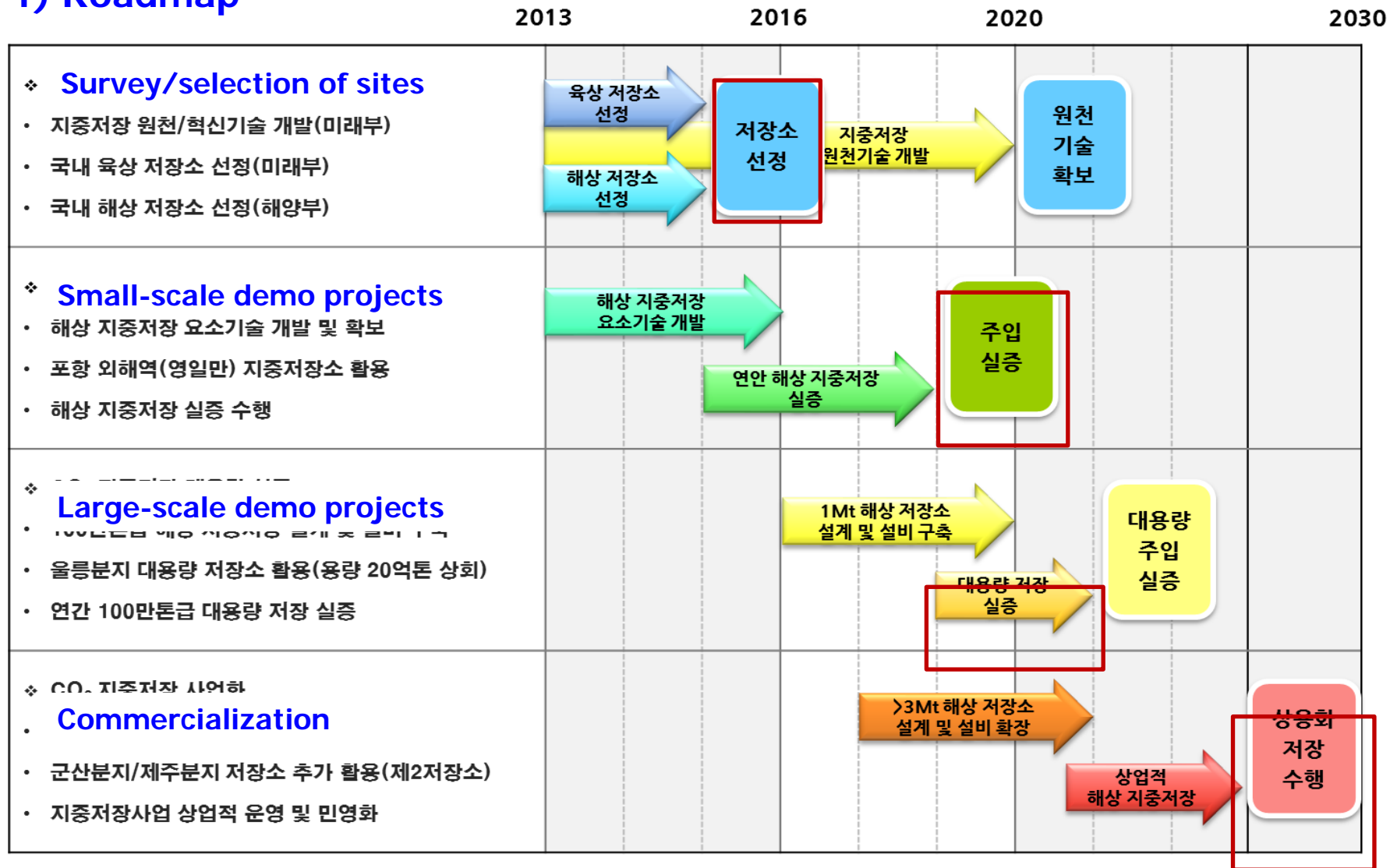
- Mar. 2009: Roadmap of 27 core technologies for green growth
  - Jul. 2010: <**Action Plan of National CCS**> (Green Growth KOR)
  - Nov. 2010: Foundation of '**Korea CCS Association (KCCSA)**' (MKE(MOTIE))
  - Sept. 2011: Foundation of '**Korea CCS R&D Center (KCRC)**' (MEST(MOE))
- Start up of 9-year ('11-'19) CCS R&Ds by KCRC (Budget 173 Bill. Won)





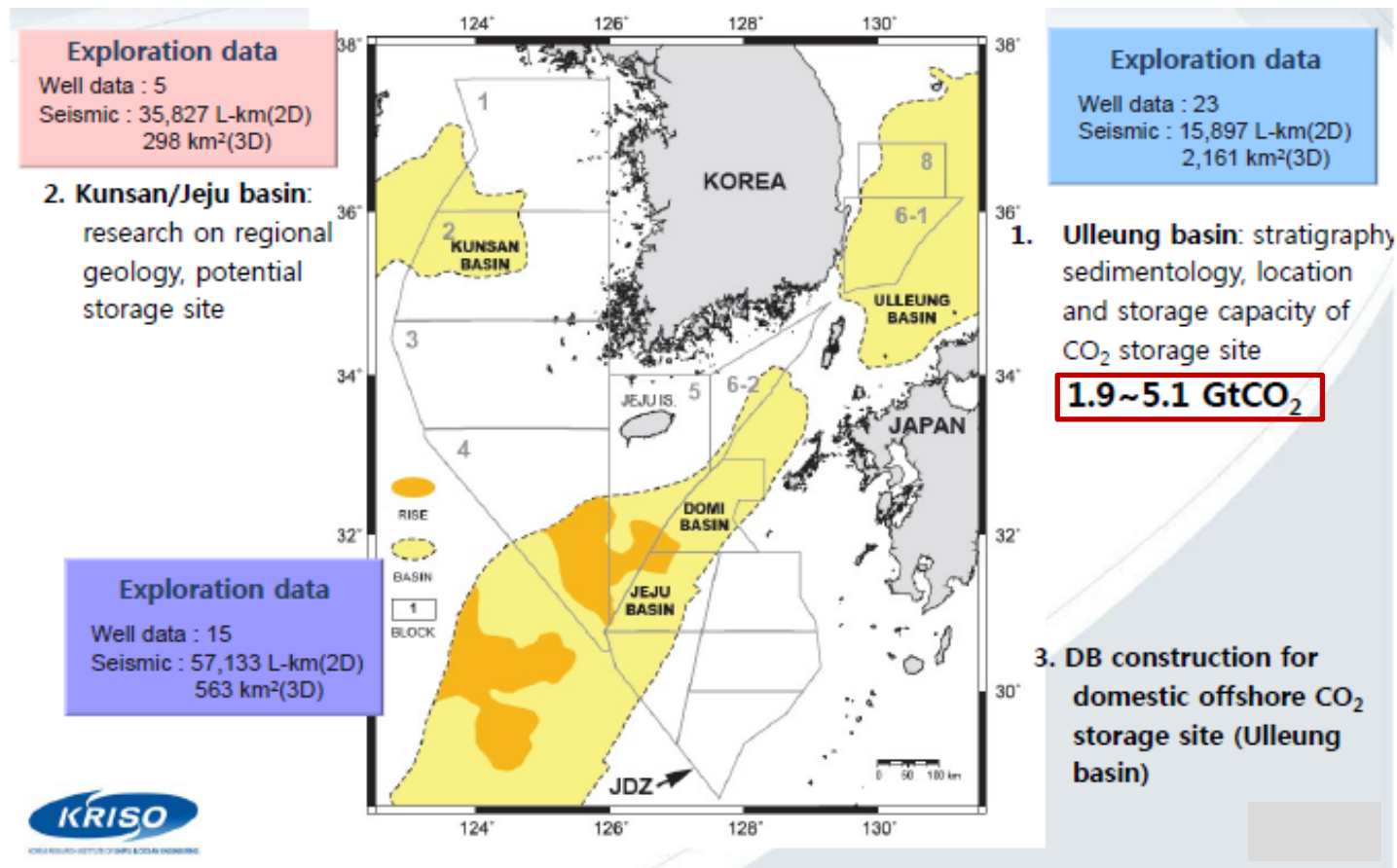
# Progress of geologic storage (1)

## 1) Roadmap



## Progress of geologic storage (2)

### 2) Exploration of offshore basins



# Ulleung Basin (April 4, 2012; MLTM)

## 울릉분지 유효 저장용량

KORDI (2012)

- IEA GHG 계산법을 기준으로 하면,

**Potential 5.1 Billion Tons CO<sub>2</sub>**

-유효저장용량 (Units 1-5) : 평균 51억톤 (20억톤 – 128억톤)

- US DOE 계산법을 기준으로 하면,

-유효저장용량 (Units 1-5) : 평균 19억톤

**Min. 1.9 Billion Tons CO<sub>2</sub>**

- 최소용량인 19억톤으로 가정하면,

-연간 3천만톤씩 저장할 경우 63년 동안 저장 가능 (울릉분지의 비변형대에서만)

Depositional Environment	P10	P50	P90
Shelf (Clastics)	2.2 %	5.5 %	13.7 %

<IEA GHG's saline formation efficiency for shelf>

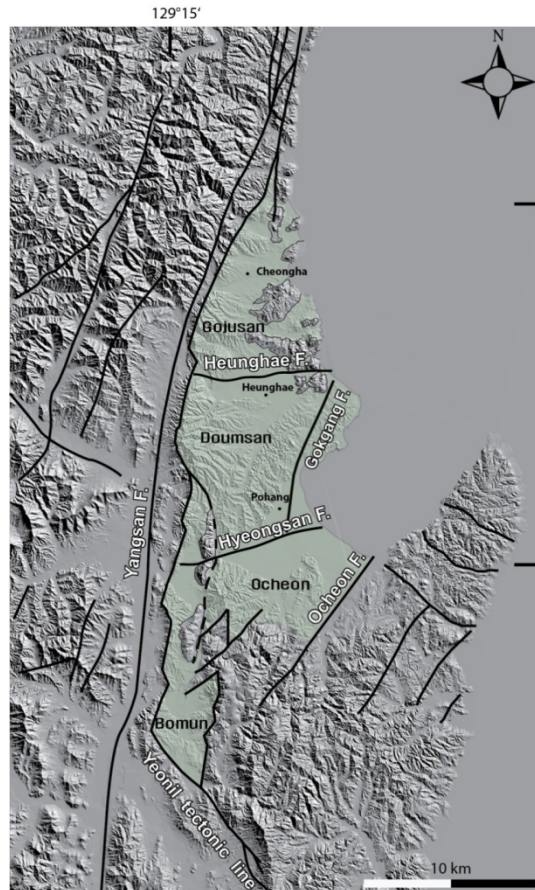
Saline Formation Efficiency Factors for Geologic and Displacement Terms			
$E_{\text{saline}} = E_{\text{An/At}} E_{\text{hn/hg}} E_{\text{ge/stot}} E_v E_d$			
Lithology	P <sub>10</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>90</sub>
Clastics	0.51%	2.0%	5.1%
Dolomite	0.64%	2.2%	5.5%
Limestone	0.40%	1.5%	4.1%

<US DOE's saline formation efficiency>

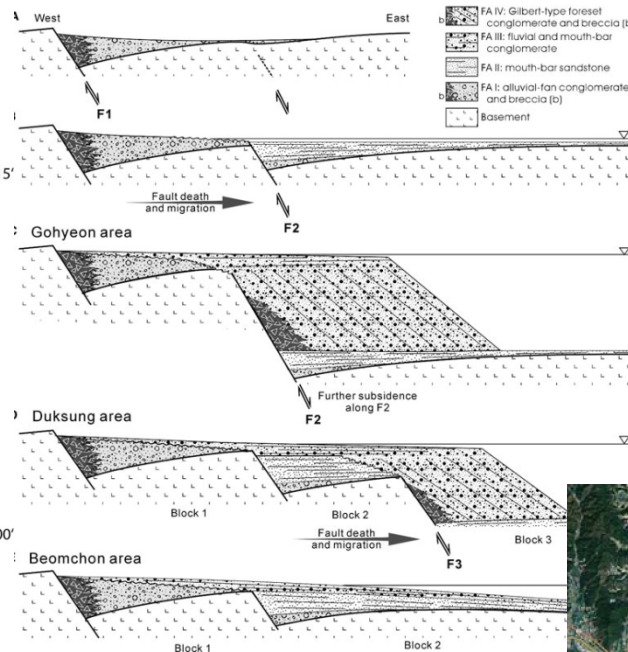


# Progress of geologic storage (3)

## Pohang basin (onshore)

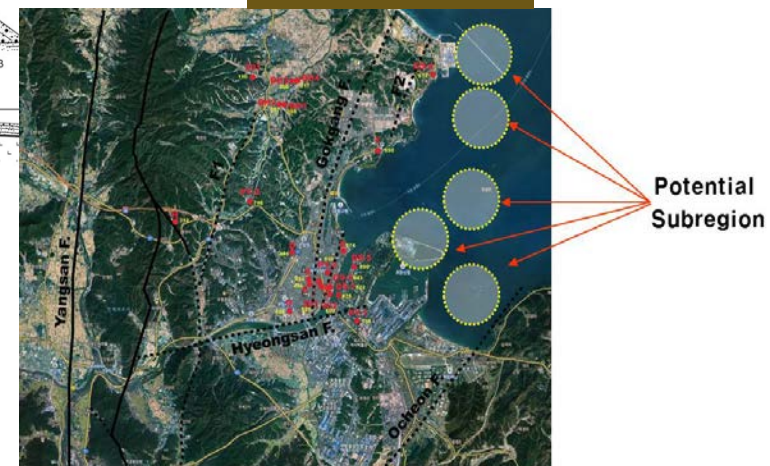


## Pohang basin (offshore side)



From Pro. Kwon YK

## Potential sites

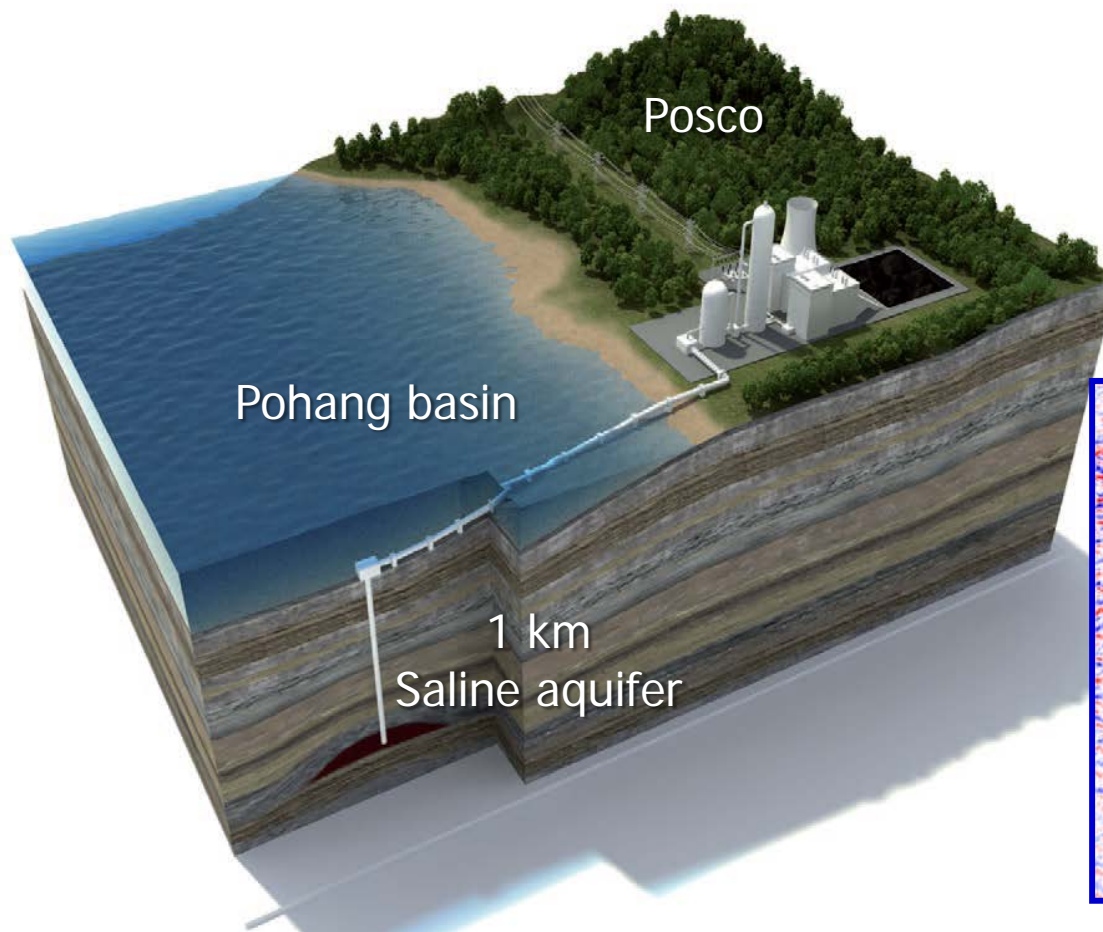




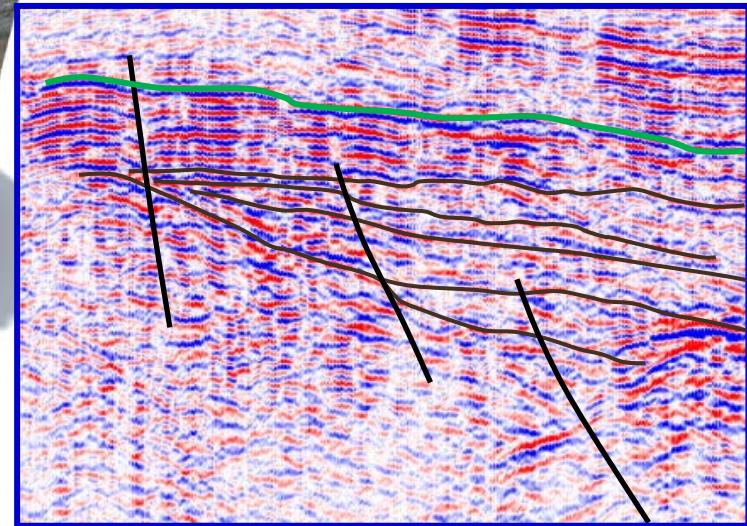
## Progress of geologic storage (4)

### Korea Yeongil Bay CCS Project (2013-2017)

Demonstration Project in Pohang Basin for CO<sub>2</sub> Marine Geological Storage



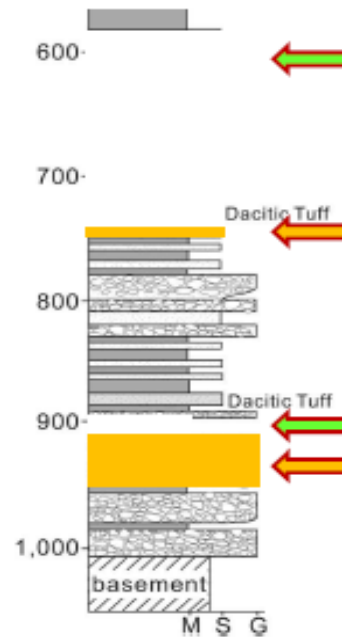
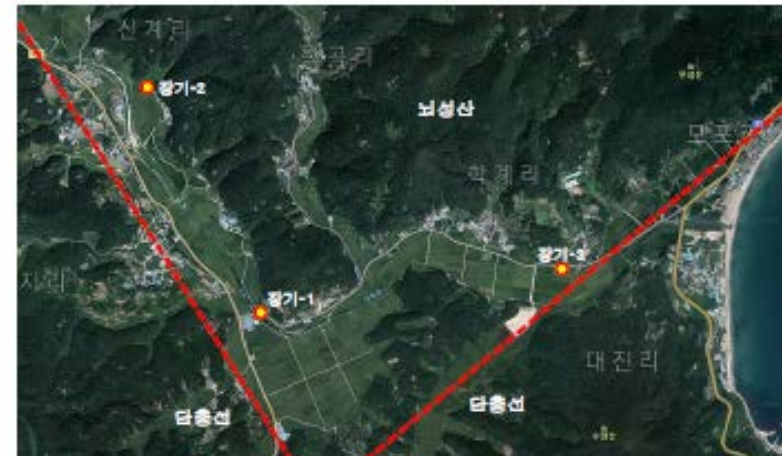
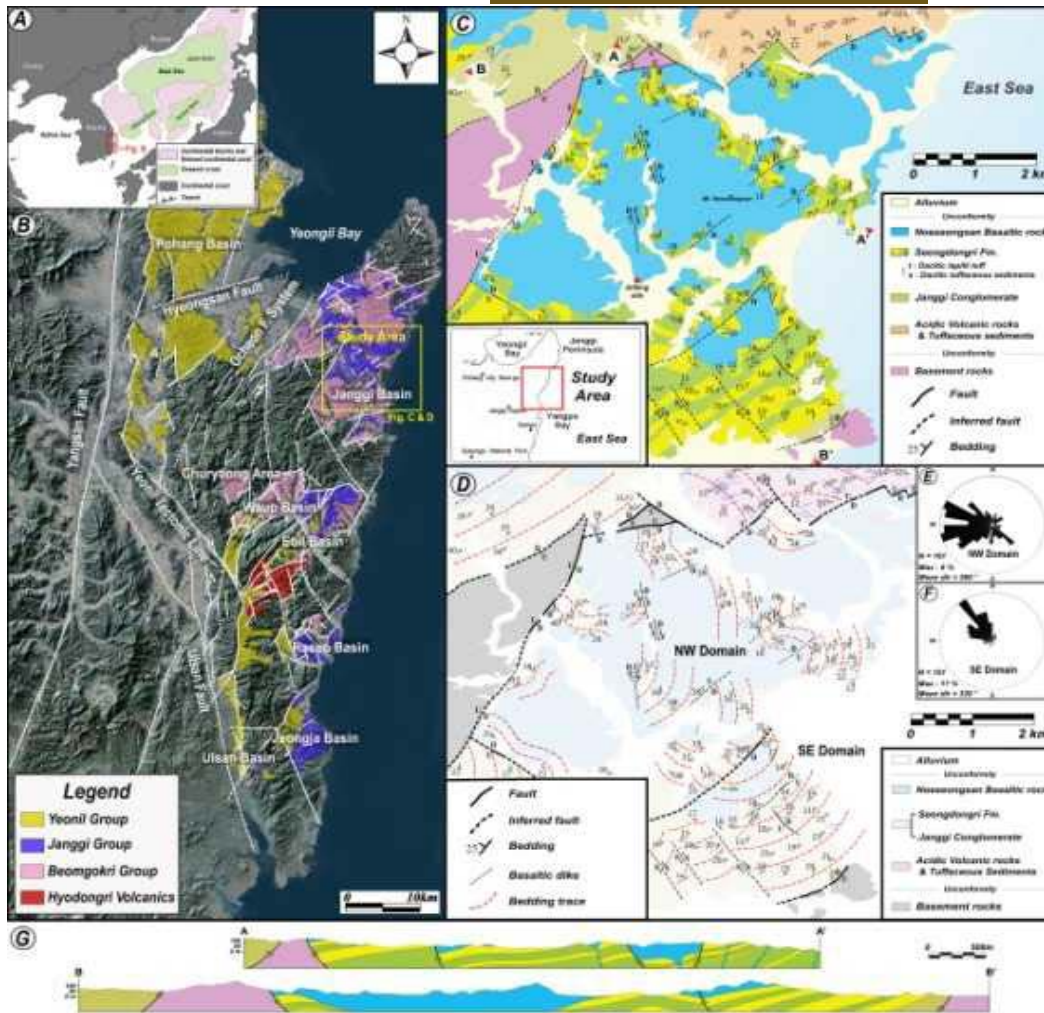
- Exploration & drilling:  
2013.8-2015. 7
- Test injection:  
2016.8-2017.7
- Injection:  
2017.8-



# Progress of geologic storage (5)

## 3) Exploration of onshore basins

### Janggi basin (onshore)

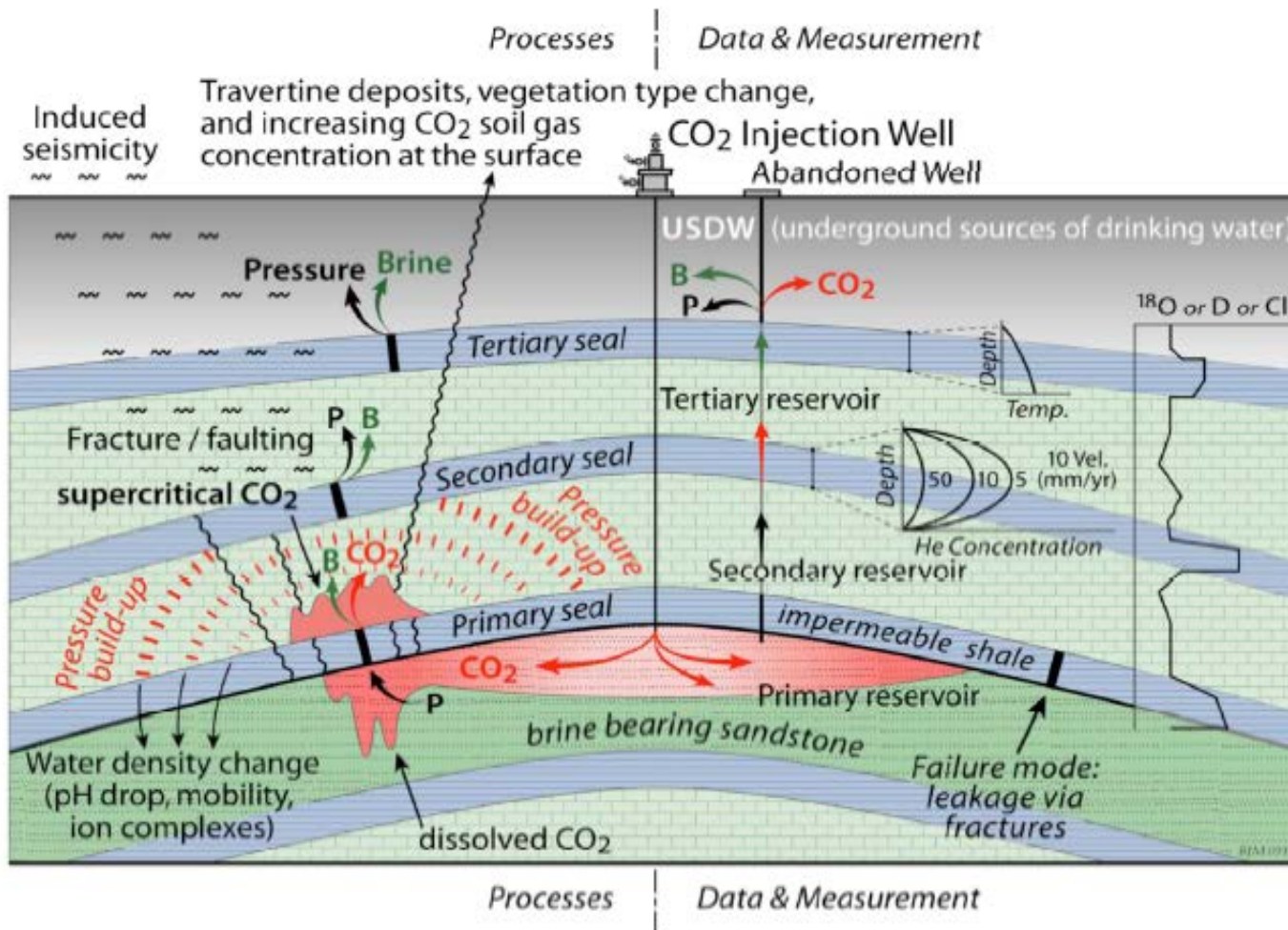


- Exploration & site selection: 2012-2015
- Injection: 2017-



# 2. Environmental Management of Carbon Storage

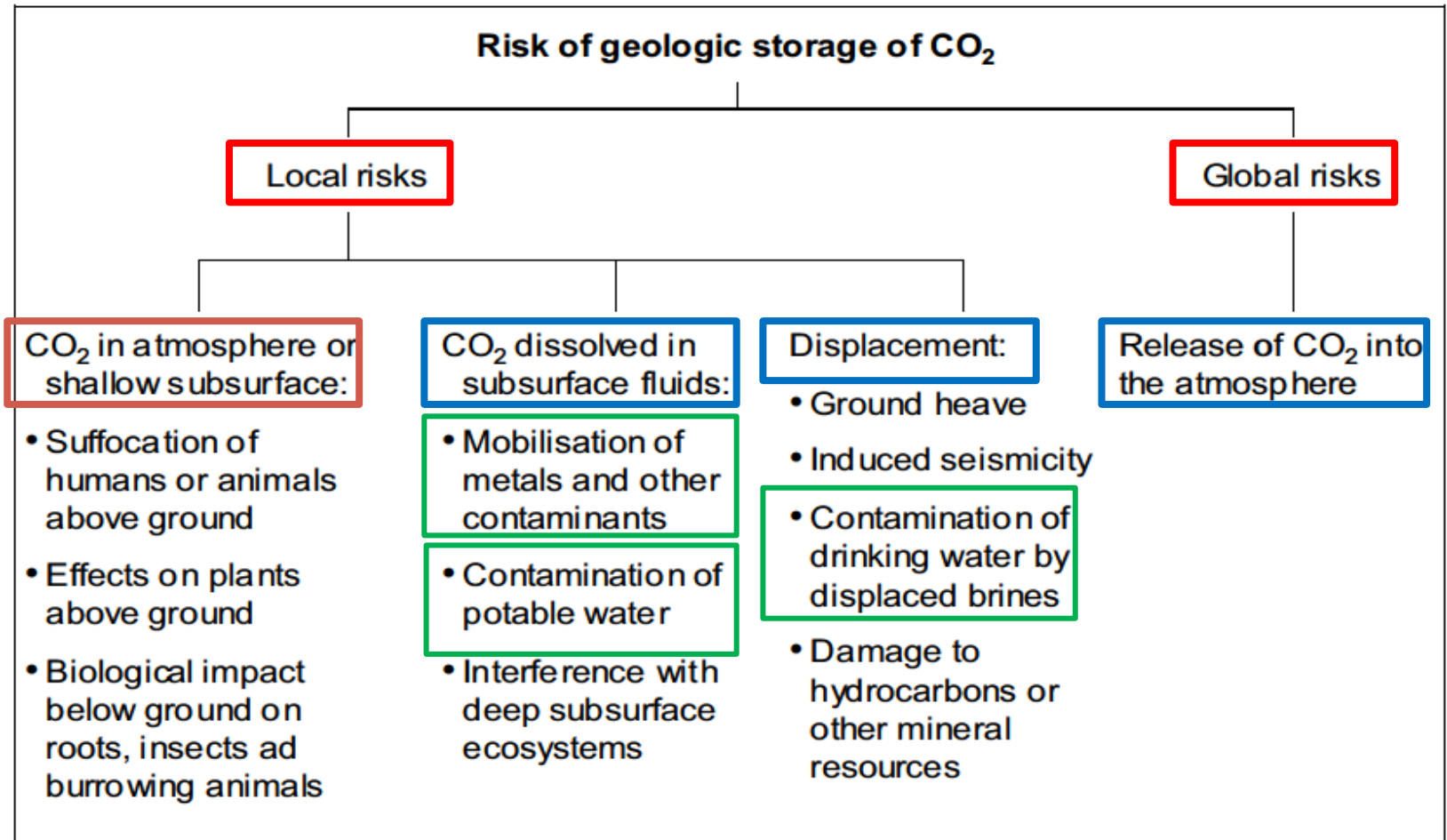
## Leakage pathways and environmental management



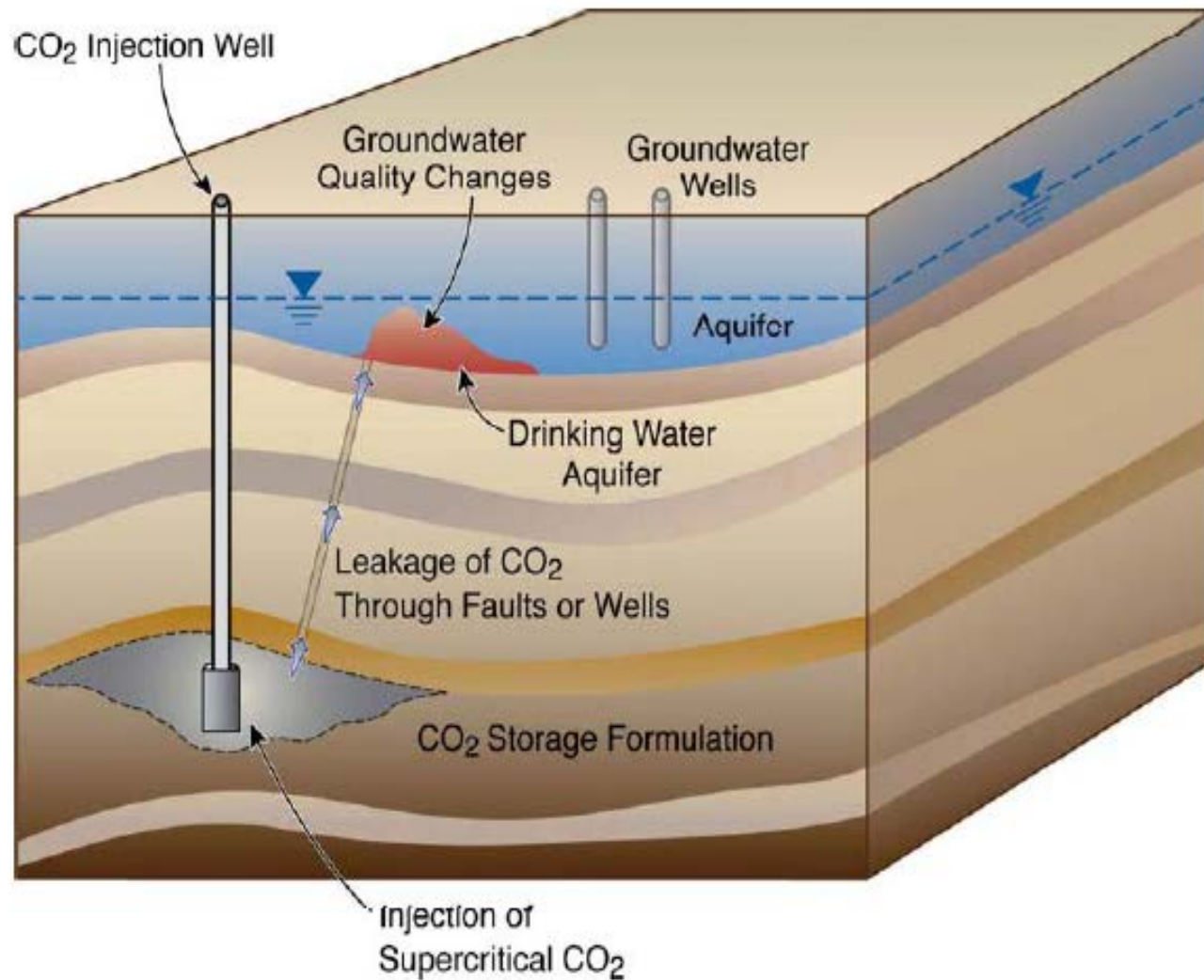
*The **security assurance** is prerequisite to carbon storage. Thus, site selection is very important. In addition, **monitoring and assessment of potential leakage** is critical.*



# Potential risks of CO<sub>2</sub> leakage

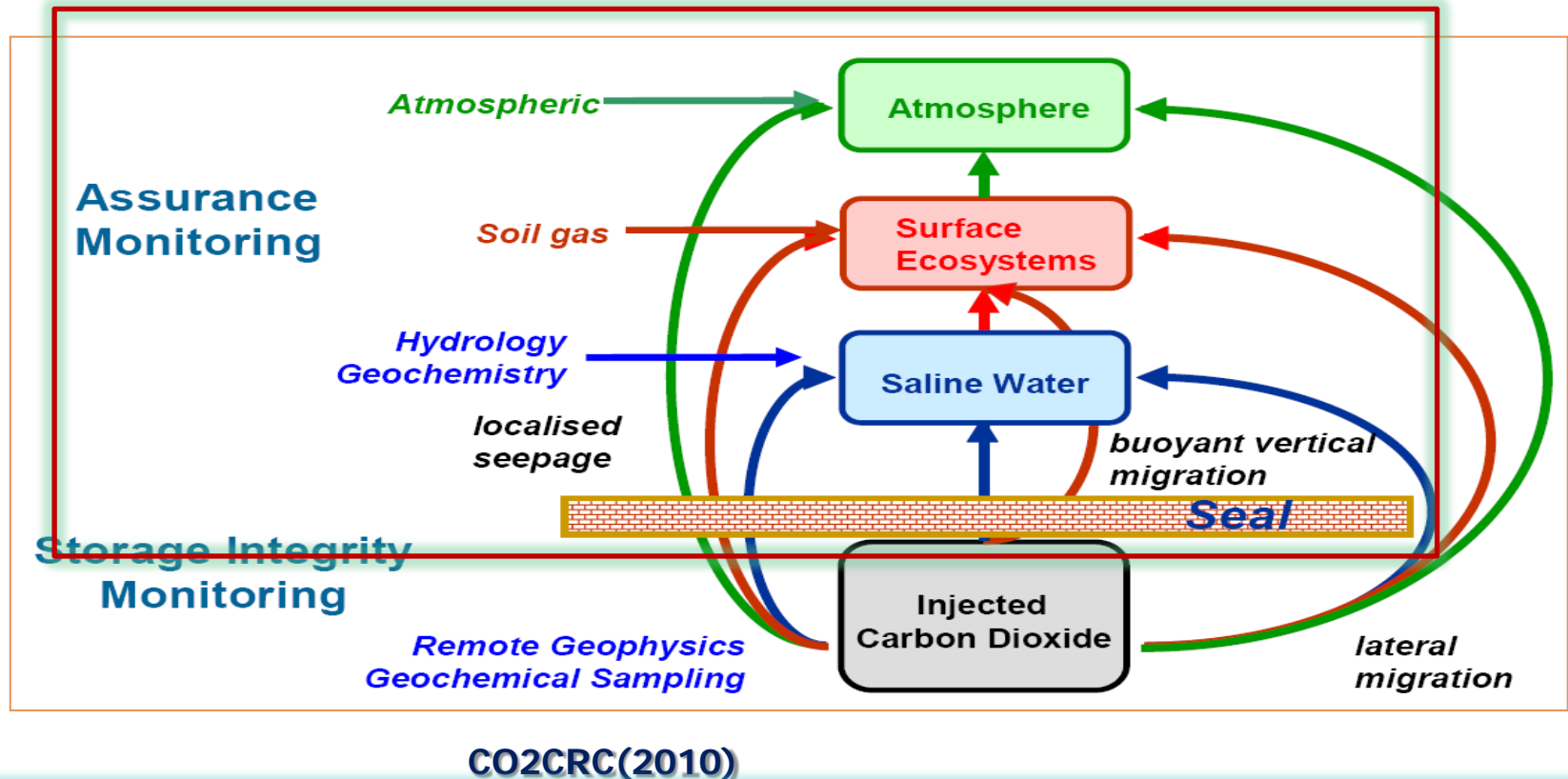


## Impact of potable groundwater by CO<sub>2</sub> leakage



# Concepts of environmental monitoring (1)

## Environmental Management



- 1) Diverse environmental media including groundwater, soil, biota (including microbes) and atmosphere should be monitored.
- 2) Leakage of CO2 occurs very slowly. Thus, the pre-injection (i.e., baseline) and post-injection monitoring (for several decades after injection) should be done with a careful design.



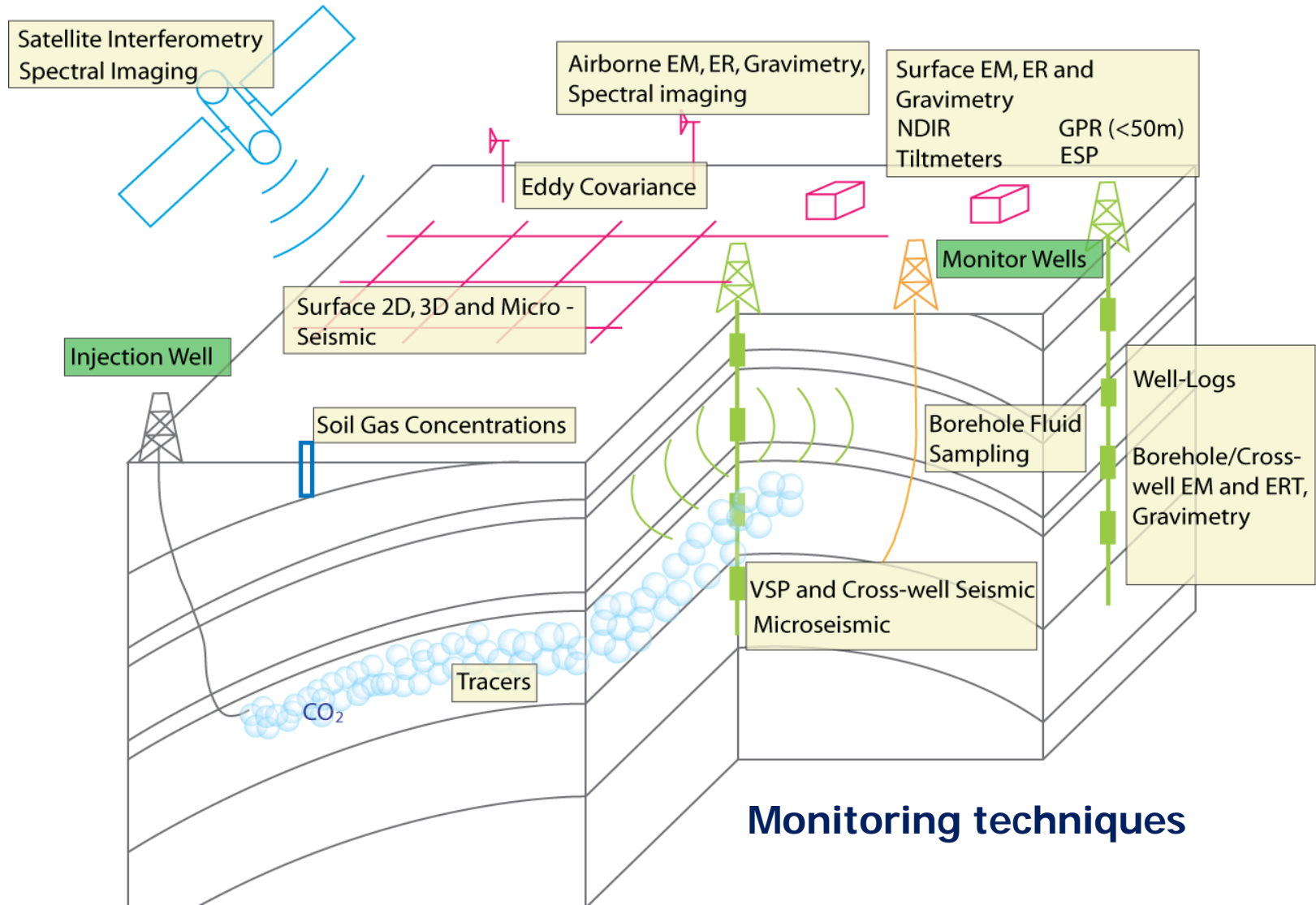
Measuring, monitoring & verification (MMV) is an important part of each CCS project:

- verify CO<sub>2</sub> storage (e.g. carbon credits)
- assess potential leakage pathways (safety)

Various **monitoring approaches** include:

- Geophysics: seismic, resistivity etc.
- Geochemistry: fluid and gas sampling  
+ chemical and isotopic analyses

## Concepts of environmental monitoring (3)



# 3. Missions of K-COSEM Research Center

## Introduction to K-COSEM Research Center

- **Title of Res Center** : Korea CO<sub>2</sub> Storage Environmental Management (K-COSEM) Research Center
- **Research Funding** :
  - Government (Ministry of Environment) support
  - Approx. 20 Million \$ for 1<sup>st</sup> stage (2014-2017)
  - Additional 20 Million \$ for 2<sup>nd</sup> stage (2018-2021)
- **Director**: Prof. Seong-Taek Yun (Korea University)
- **Participants**:
  - Annually, ~ 100 researchers
  - 10 domestic universities, including Korea Univ., Seoul National Univ.(Prof. Kang-Keun Lee), Kyonghee Univ.(Prof. Ka-Young Yoo), Kyoungbuk National Univ.(Prof. Eun-Kyu Park), Soongsil Univ.(Prof. Moon-Hyun Koh) etc.
  - 2 foreign universities: Univ. of Calgary, Univ. Wisconsin at Milwaukee
  - Industry: Geogreen Co., Eco PNG
- **6th International Environmental Forum for CCS(Jul. 21th 2015)**



# Goals and vision

## Goals

**Establishing an Environmental Management System  
for CO<sub>2</sub> Storage (CS)**

**Creating an Effective Regulatory Regime  
for CO<sub>2</sub> Storage (CS)**

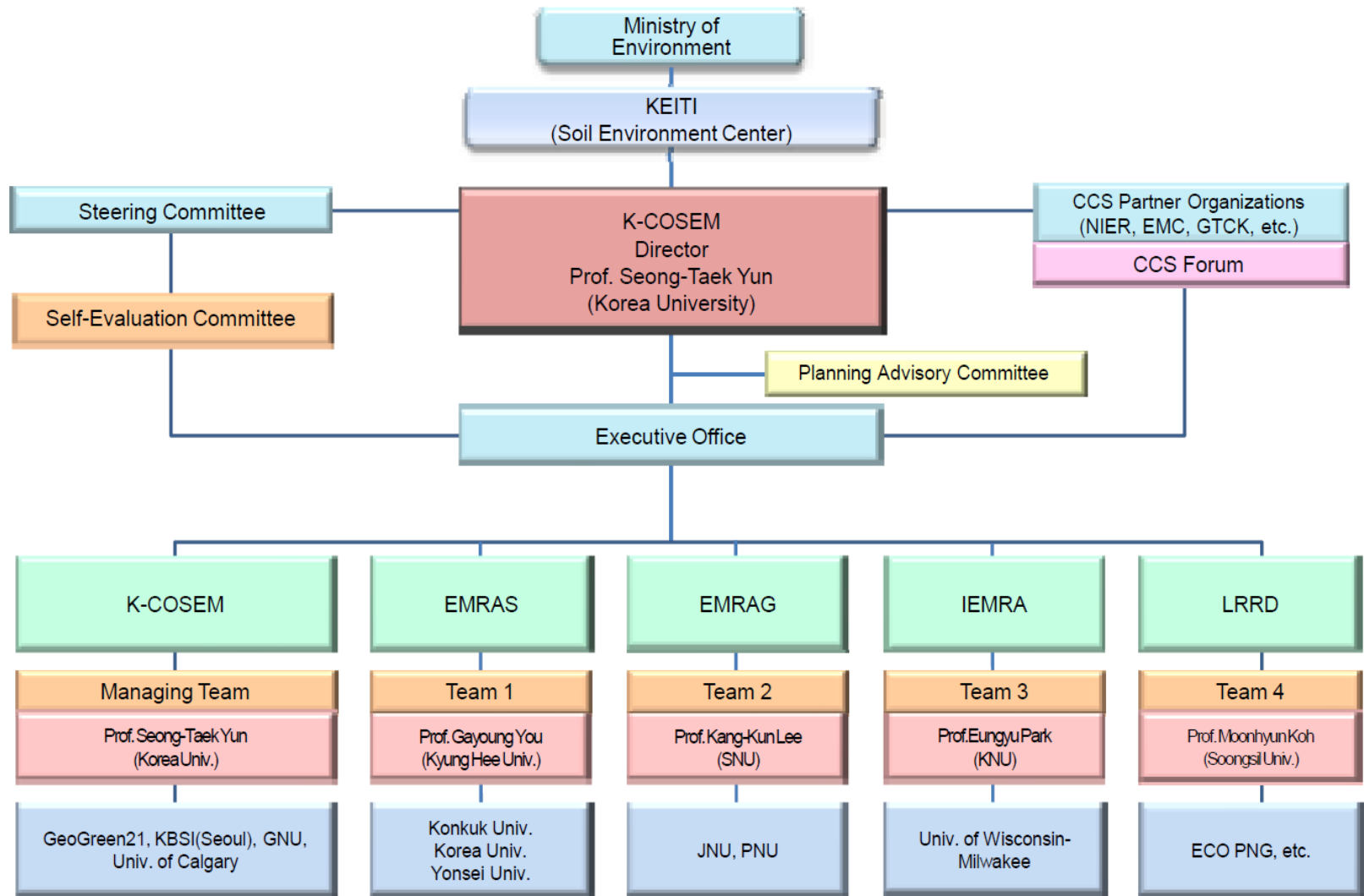
## Vision

**CO<sub>2</sub> Emission Reduction  
Security of CO<sub>2</sub> Storage  
Climate Change Mitigation**

**SP<sup>3</sup> CS**

**-Safe, Proven, Predictable, Public CS-**

# Center organization



## Research strategy and missions (1)



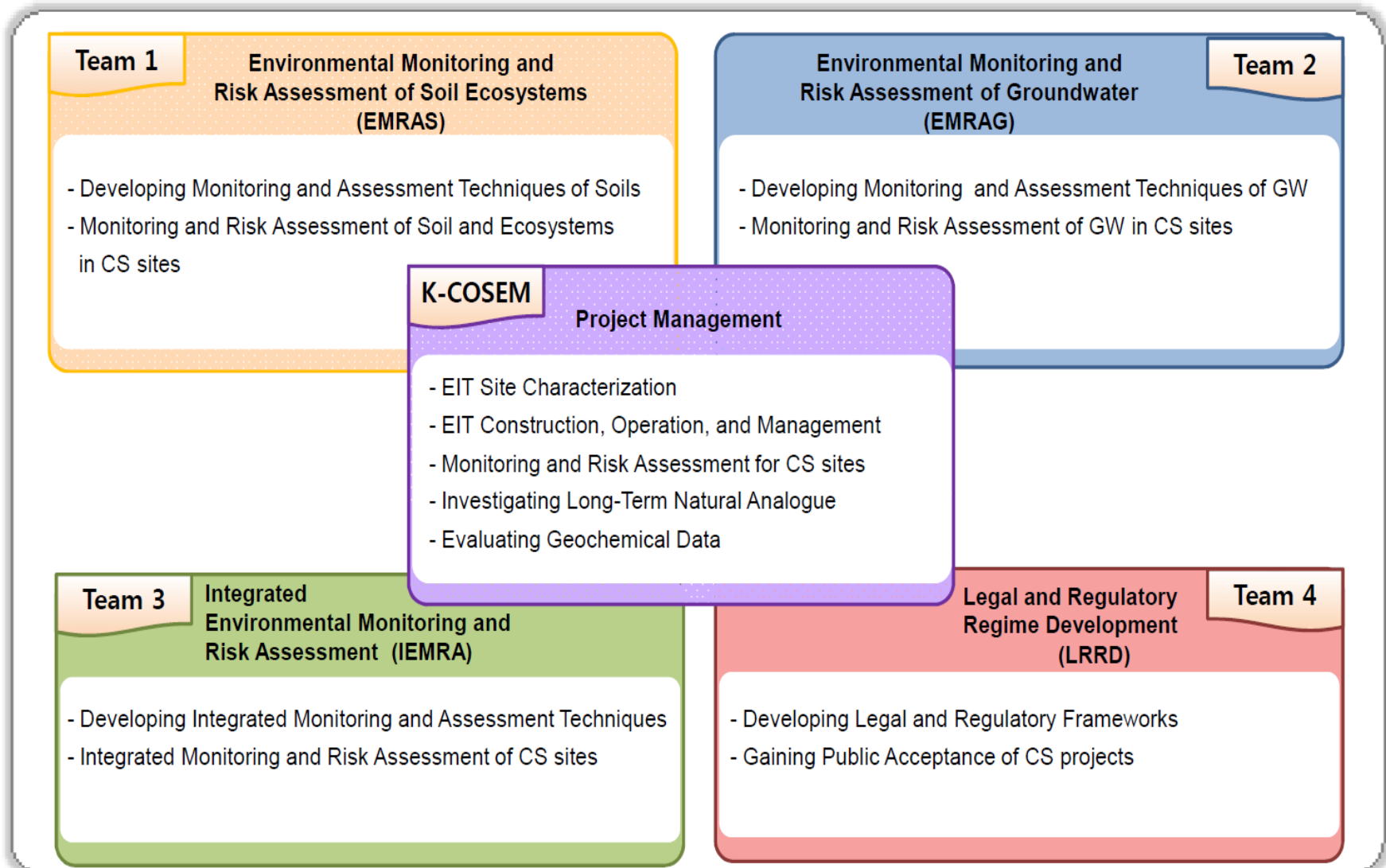


### Research missions

- 1) to **assess the impacts of the CO<sub>2</sub> leakage** on shallow groundwater quality and on soil ecosystems including plants, microbes and soil solution,
- 2) to **develop efficient and precise monitoring tools** to detect and quantify the movement of leaked CO<sub>2</sub> through soil, groundwater and atmosphere,
- 3) to **set up the integrated numerical modeling technique** to evaluate the leakage of CO<sub>2</sub>,
- 4) to **propose the regulatory frameworks** to manage the geologic carbon storage.

In addition to **long-term monitoring of potential CO<sub>2</sub> leakage in storage sites, field experiments with the artificial leakage of CO<sub>2</sub>** from depths under diverse geologic conditions will be conducted.

# Major fields and tasks of research



# Research Outline of Team 1

## <총괄과제 연구 목표>

CO<sub>2</sub> 누출모사 EIT를 이용하여 지중저장 환경관리를 위한 핵심기술을 확보하고,  
환경영향 통합모니터링 기술을 개발하며, 실증부지 현장적용을 통하여  
CO<sub>2</sub> 지중저장 통합환경관리 기술 개발

EIT 부지 (1~2차년)



<1차년>

불포화대  
EIT 구축

지하수위



<2차년>



충적층

포화대 EIT 구축,  
운영 및 모니터링

암반층



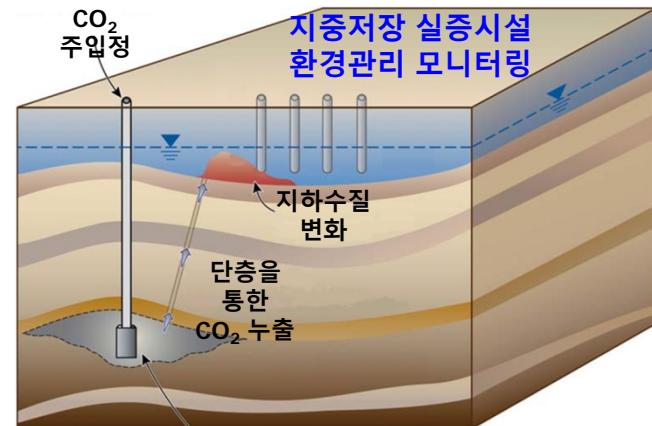
지하수위

Sand  
Gravel

Strainer  
10m

누출모사 EIT를 이용한 CO<sub>2</sub> 지중저장  
환경영향 통합 모니터링 기술 개발

현장 실증부지 (3~4차년)



초임계상태 주입

개발기술의 타 부처 실증부지 적용을 통한  
CO<sub>2</sub> 지중저장 통합 환경관리기술 정립

# Research Outline of Team 1

## <EIT 연구 관련 목표>

- CO<sub>2</sub> 누출 환경영향 평가를 위한 부지특성화 기술 개발
- CO<sub>2</sub> 누출모사 EIT의 설계 및 구축, 운영기술 기술 정립
- 지중저장 CO<sub>2</sub> 누출의 지구물리 환경 모니터링 기술 개발

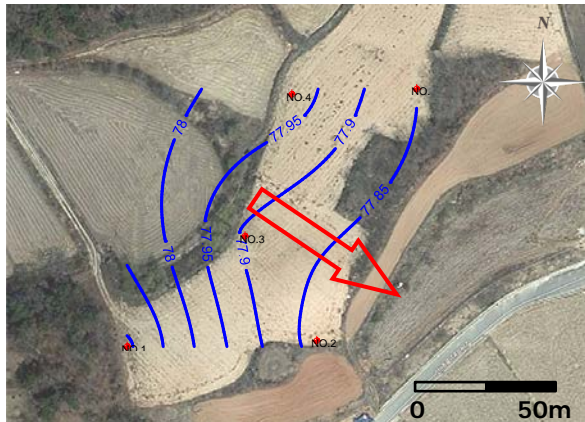
구분	연구 목표	주요 연구 내용
1차년도	CO <sub>2</sub> 누출 환경영향 평가를 위한 부지특성화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 지중저장 CO<sub>2</sub> 누출 환경영향 평가를 위한 부지특성화 기술 : 지질 및 토양조사, 지구물리탐사, 정밀시추조사 등</li> <li>■ 불포화대 CO<sub>2</sub> 누출모사 EIT 예비 구축</li> </ul>
2차년도	CO <sub>2</sub> 누출모사 EIT의 설계 및 구축 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ EIT 부지 단열암반층 부지특성화</li> <li>■ 포화대 CO<sub>2</sub> 누출모사 EIT 설계 및 구축 기술</li> <li>■ 누출영향 다중심도 모니터링 시스템 설계 및 구축 기술</li> </ul>
3~4차년도	CO <sub>2</sub> 누출모사 EIT의 운영 및 지구물리 환경 모니터링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CO<sub>2</sub> 누출모사 EIT 운영기법 개발</li> <li>■ 주입 CO<sub>2</sub> 거동의 지구물리 환경 모니터링 기술 개발</li> <li>■ CO<sub>2</sub> 지중저장 실증시설 주변 부지특성화 및 모니터링 체계 구축</li> <li>■ CO<sub>2</sub> 지중저장 부지의 지구물리 환경 모니터링 수행</li> </ul>



# Our Pilot Test Site (Hometown of UN Secretary-General Ban Ki-Moon, Choongbuk)

## 수리지질 특성조사

- 지하수위 분포 : 평균심도 GL -14m, 지하수 흐름방향 북서→동남, 수두구배 약 0.003
- 현장수리시험 : 불포화대 및 포화대(대수층)의 수리지질특성 파악
  - 천부토양층 : 지표투수시험 실시, 수리전도도 약  $3 \times 10^{-5}$  cm/sec
  - 토양/풍화대 대수층 : 관측정 양수시험 및 순간수위변화시험, 수리전도도 약  $2 \times 10^{-4}$  cm/sec
  - 단열암반 대수층 : 구간별 수압시험 (시추조사시 실시), 수리전도도  $1.7 \times 10^{-5}$  cm/sec



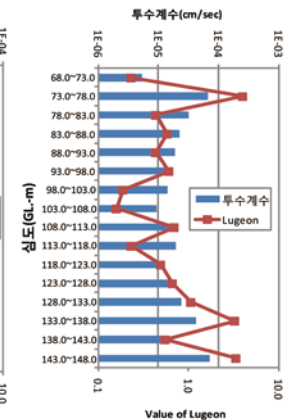
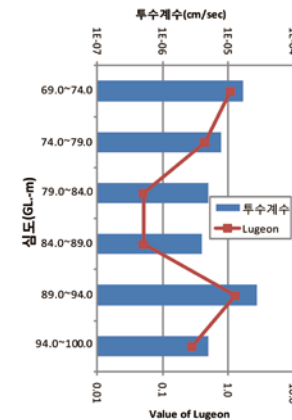
<지하수위 분포 및 흐름방향>



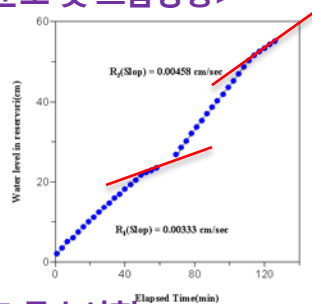
양수시험

BH-1 수압시험

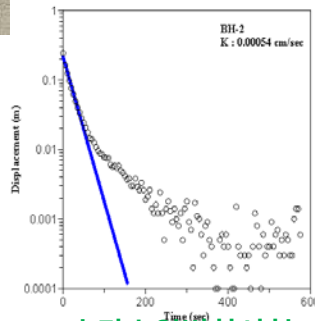
BH-5 수압시험



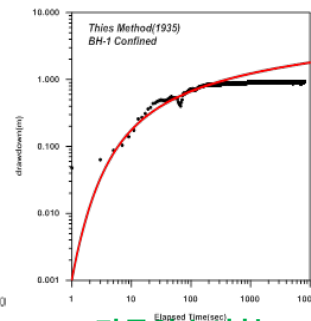
공번	Pattern of Lugeon	Value of Lugeon	투수계수 cm/sec
BH-1	Dilation	0.051~1.291	1.10E-05
BH-5	Dilation 우세	0.16~4.02	2.53E-05



<지표 투수시험>



순간수위변화시험



단공양수시험

<토양/풍화대 현장수리시험>

<단열암반 수압시험>



4

## Policy and CCS demo plan

# Laws for GHG reduction in Korea

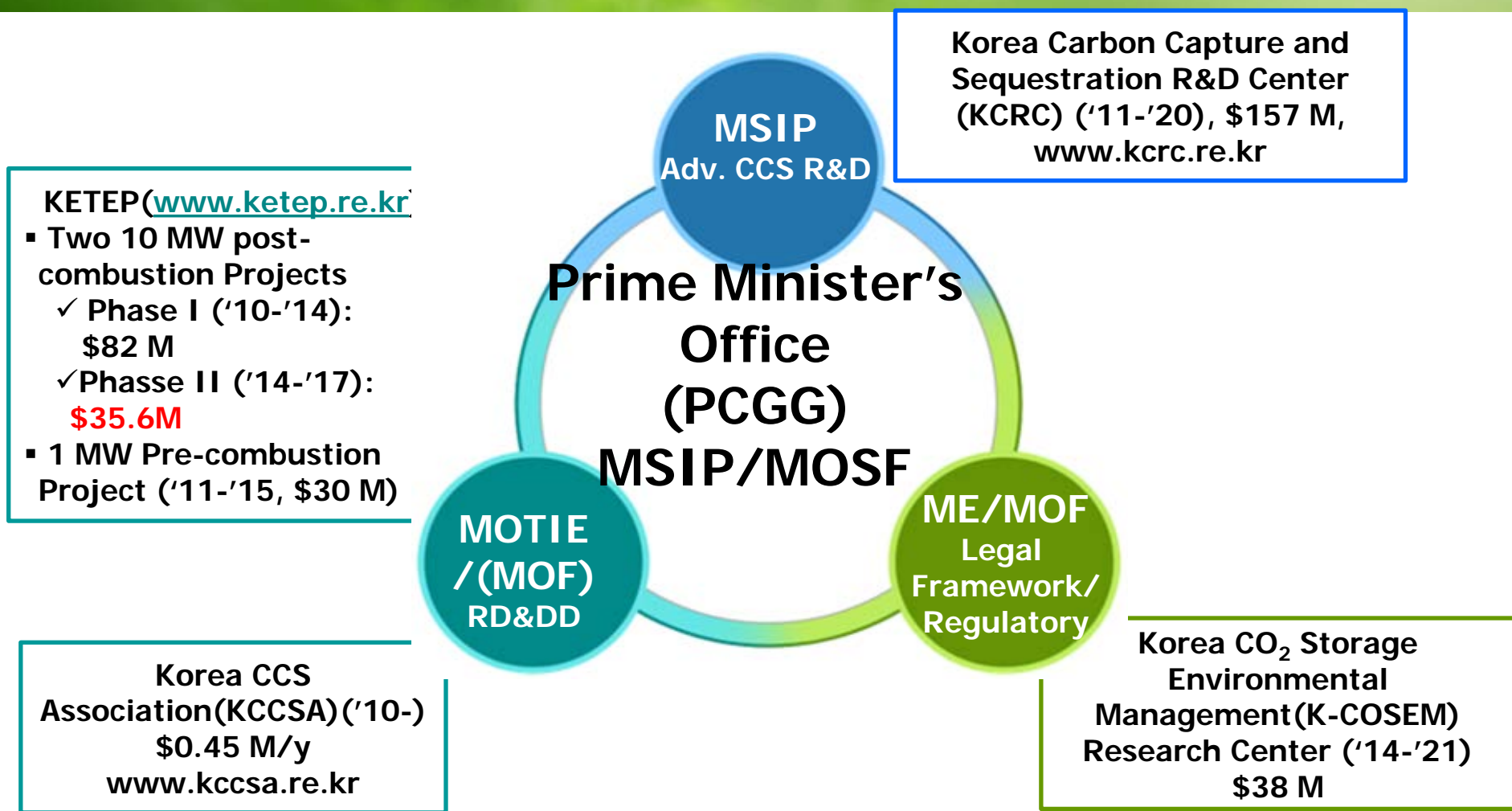
- ❑ Framework Act on Low Carbon Emission, Green Growth (2010.04)
  - Enforcement Ordinance of Framework Act on Low Carbon Emission, Green Growth provides CCS- related contents in Art. 34
    - Kinds of captured GHG and its amount
  - Korean ETS was in effect on Jan. 12, 2015
  - Power sector
    - Nuclear Act (1958)
    - Renewable Act (2004.12)
    - Smart Grid Act (2011.11)
    - CCS support law and regulatory framework under consideration ?
      - ✓ Developing stage for regulatory framework by ME w/MOF & MOTIE
  - Building sector
    - Green Building Act (2012.02)



# Policy and strategy for CCS in Korea

- ❑ Framework Act on Low Carbon, Green Growth (2014.07 revised)
  - Commitment to reduce GHG by 30% below BAU until 2020 (Nov.'09)
  - Presidential Committee on Green Growth (PCGG) : Major Policies and Plans including CCS
    - 1st 5-Year Plan for Green Growth (2009-2013)
      - ✓ Korean CCS Master Action Plan (July 13, 2010)
        - One or two large-scale integrated CCS demonstration by 2020
        - Recommend relevant ministries establishing centers to facilitate CCS RD&DD
    - 2nd 5-Year Plan for Green Growth (2014-2018)
      - ✓ Focused on GHG emissions reduction, sustainable energy system, and adaptation to climate change
      - ✓ CCS Technologies : Long term operation of 10 MW pilot plants & CO<sub>2</sub> Utilization
  - Korean ETS allocated a total of 1,598 million KAU to 525 industries for the 1<sup>st</sup> period (2014.12.02)
    - 100% & 97% free allowance during 1<sup>st</sup> (2015-2017) & free 2<sup>nd</sup> period (2018-2020) , respectively
    - Carbon price: US\$ 9.091/tCO<sub>2</sub> [1 KAU (= 1 tCO<sub>2</sub>)]
- ❑ President Park's Speech on the 3-Year Economic Reform (Feb 25, '14)
  - Increasing investment for R&DD of Clean Energy & CCS etc
  - Established CCS Business Model
- ※ Focusing on short-term goal with Energy efficiency and Renewables as well as energy demand management

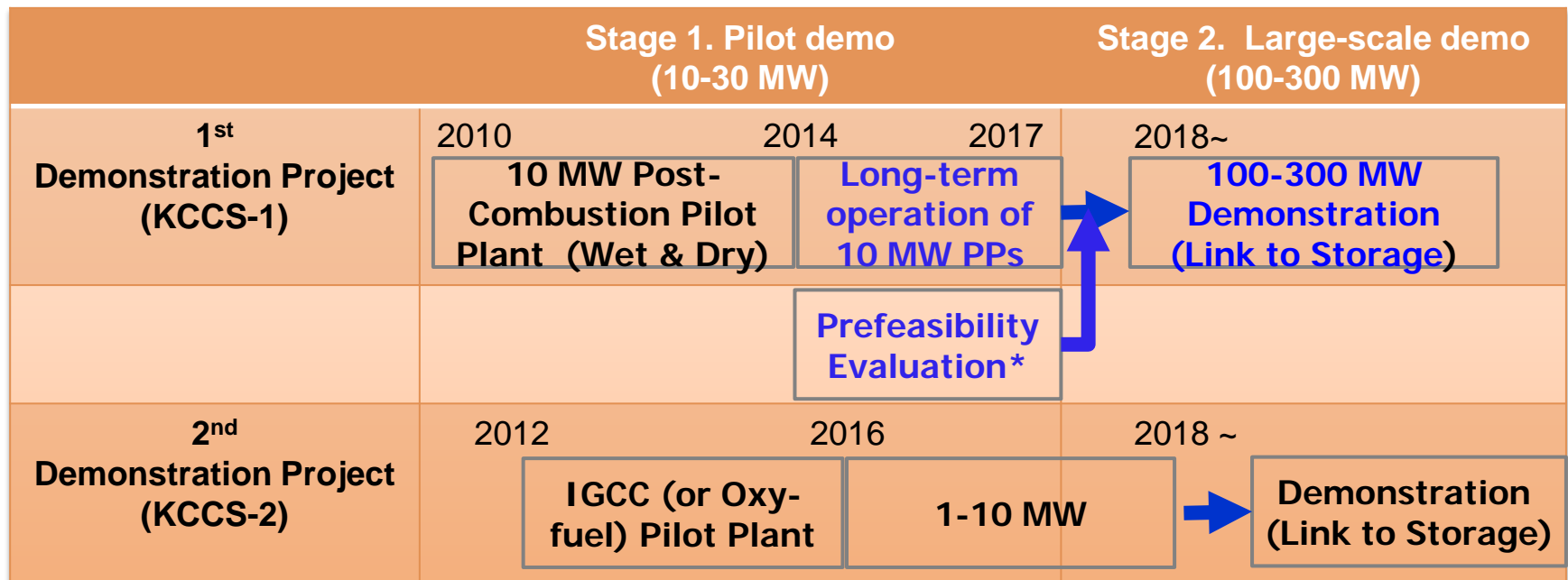
# Korean CCS Master Action Plan('10.07)



❑ MSIP: Ministry of Science, ICT and Future Planning, MOTIE: Ministry of Trade, Industry and Energy, MOF: Ministry of Oceans and Fisheries, ME: Ministry of Environment, MOSF: Ministry of Strategy and Finance

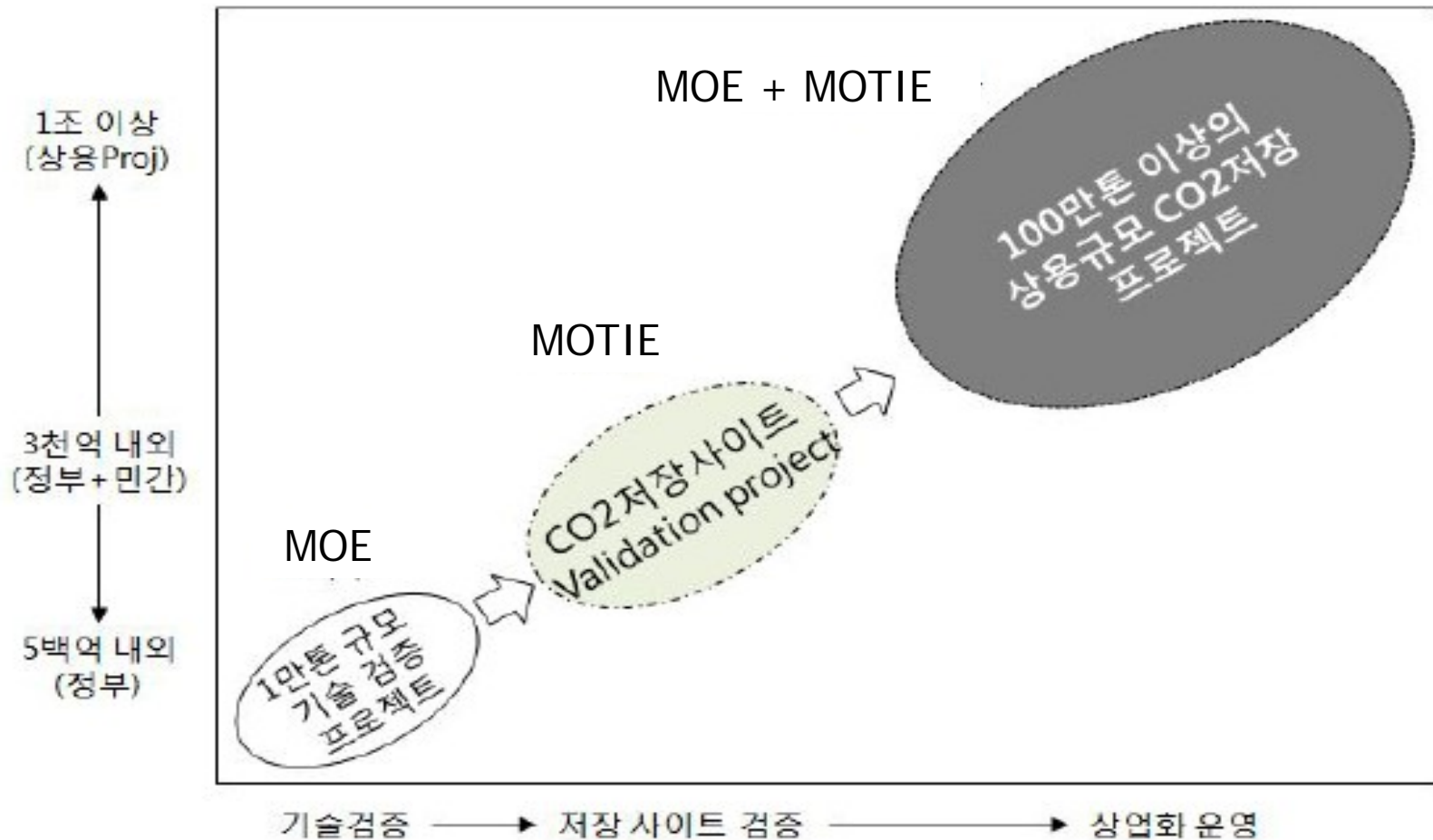
# Corrected CCS Demonstration Plans

- ❑ One or Two Large-scale integrated CCS demonstration by 2020
  - MOF (storage) & MOTIE(capture) prepares Prefeasibility Report of DEMO (define stage) and MSIP evaluates the feasibility of project (Execute stage)



- ❑ Allocated about US \$1.74 billion
  - Government: \$ 0.74 billion (43%), Private: \$ 1 billion (57%)
  - Need more capitals (\$1.74B→ \$3-4B due to Storage infrastructure)

# Role sharing of CO2 storage





# Details of CCS projects under operation or planning

## 1) MEST

KOREA CCS 2020 (KCRC):

Fountainhead researches on CCS      ‘11~’19; 173 billion Korean Won

<div> <div>단계도</div> <div>기술개발</div> </div>	1 단계	2 단계	3 단계	최종목표
	CO <sub>2</sub> 신기술 개념 검증	CCS Lab 스케일 기술개발	대량배출원 파일럿스케일 검증	
CO <sub>2</sub> 포집	신소재 합성 및 공정 모델링을 통하여 혁신적 포집기술 검증 4종이상	CO <sub>2</sub> 포집기술 4종이상 벤치스케일 검증 경제성 분석자료 확보	CO <sub>2</sub> 포집기술 실제 환경 프로토타입 실증 (100Nm <sup>3</sup> /h 규모)	라이센싱 가능한 포집기술 4개이상 개발
CO <sub>2</sub> 저장	CO <sub>2</sub> 주입 전 설계 및 엔지니어링 기술 확립	CO <sub>2</sub> 주입 및 운영기술 확립	CO <sub>2</sub> 주입후 관리기술 확립	한반도 지층 CO <sub>2</sub> 저장성 검증 및 저장기술 확보
CO <sub>2</sub> 전환	CO <sub>2</sub> 유무기 전환기술 4종이상 개념 검증	CO <sub>2</sub> 유무기 전환기술 벤치스케일 검증	CO <sub>2</sub> 유무기 전환기술 2종이상 파일럿 실증	대량처리 가능 전환기술 2종 이상 개발
CCS 기반 조성	초기 사업단 R&D 관리/지원 시스템 확립	사업단 성과 관리의 강화 및 R&D 기반 정비	글로벌 수준의 CCS R&D 기반 확립	국가대표 CCS 씽크탱크거점 및 인프라 구축

Roadmap of Korea CCS 2020 project

# Macro Roadmap of Korea CCS 2020 Project: Storage

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1만톤급 저장 실증	주입전 단계			주입단계		주입후 단계		
프로젝트 관리	· 프로젝트 설계 · 저장 법제화		· 저장부지 확보 · 인허가 · 건설 · 운영 계획			· CO <sub>2</sub> 저장 지침(안) · 타부처 사업 연계(정보공유)		
사이트 선정	· 지층특성화 · CO <sub>2</sub> 저장 사이트 선정							
건설 · 시공			· 설계, 건설, 시공					
통합연계 운영					· 주입			
CO <sub>2</sub> 모니터링		· Baseline 모니터링			· 거동관측/모니터 링		· 장기거동 모니터링	
거동예측 모델링			· 예측모델 개발/성능예측		· 저장성능 검증			
사후관리						· 주입공 밀봉 및 사후관리		
핵심원천기반기술	1단계		2단계			3단계		
· 저장 탐사기술 · 저장소 특성화 · 주입/거동 모델링 · 관측 모니터링 · 저장성능 향상 · CO <sub>2</sub> 저장소 활용 · 통합연계기술 · 기타 혁신기술	개념 검증		기술개발			기술검증		
· 인력양성	프로그램 설계		프로그램 운영			프로그램 운영		

## 2) MKE

### - Planning stage on "Large-scale & Commercial Scale CO2 Storage Project"

√ Suggested budget: ~ 3500 billion Won

√ 23 Major fields

√ Participations: 한국전력공사, 한국전력연구원, 두산중공업, 에너지기술연구원, 한국가스공사, 한국기계연구원, 삼성중공업, 대우조선해양, POSCO, GS건설, 현대건설, 한국기계연구원, 한국석유공사, 한국지질자원연구원, 한국해양연구원, STX, 환경정책평가연구원 등..

전문분야	전체 예산 (억원)
탐사	2,000
특성화	1,000
저장소 선정	400
저장소 모델링	200
저장설계	300
포집연계	150
배관수송	2,200
선박수송	3,000
차량수송	800
시설/설비/프랜트	15,000
해상플랫폼	4,000
해저설비	550
주입정/관측정시추-완결	1,600
주입-저장소운영	750
지구물리 모니터링	1,500
수리지화학 모니터링	600
환경영향평가	200
사업안전성평가	100
공공적 수용성	100
표준화	50
법제화	25
경제성 분석	60
사업화	50
합계	34,635

### 3) MLTM

#### - "On-shore (Seabed) CO2 Storage Project"

#### - Ongoing R&Ds ('05-'15, 10 year)

2011 Budget: 5.5 Billion Won

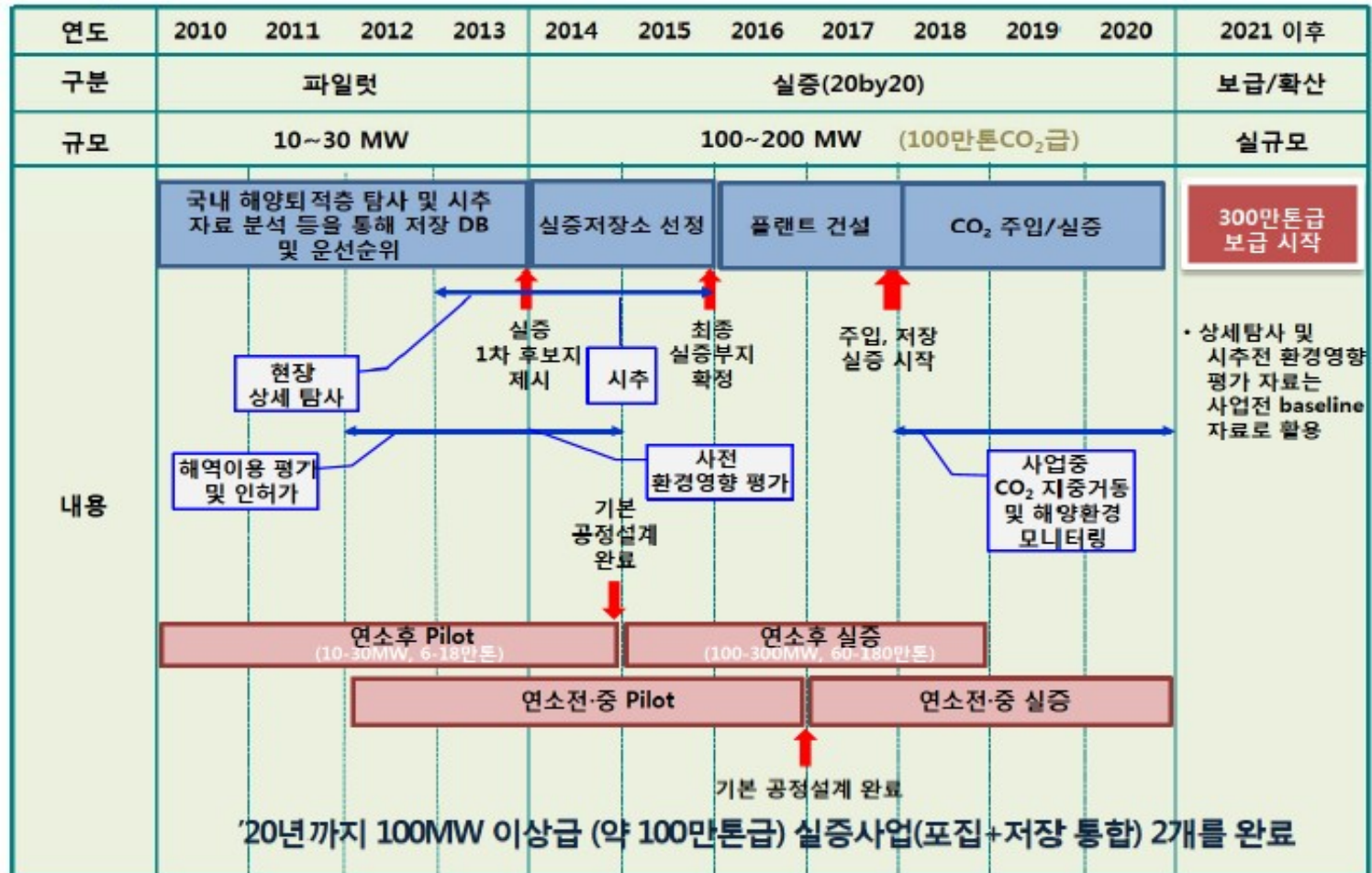
#### Main contents of the ongoing project

구 분		주요 내용
사업개요	사업명	이산화탄소 해양지중저장 기술개발사업
	총사업비	900억원('11년 55억원: '12년 100억원)
	사업내용	전국 해역 저장소 데이터베이스 구축 및 울릉분지 대규모 저장소 확보, 대규모 CO <sub>2</sub> 수송체계 구축, 100만톤급 해양 CCS 실증 유출방지 및 모니터링 기술개발, 해양환경영향평가 등
	사업시행주체	국토해양부/한국해양과학기술진흥원
	수행기관	한국해양연구원(총괄), 한국석유공사(협동) 및 대학 등
추진실적	'05~'10	국내 최초로 해양기반 CCS 실용화 모델 구축, 저장소 선정방법연구 및 울릉분지 적용, CO <sub>2</sub> 노출 환경평가 기초연구 등
추진계획	'12년	울릉분지 내 대규모 3차원 탄성파 탐사 및 주변해역 환경조사
	'13년 이후	대규모 CO <sub>2</sub> 저장 후보지 확정 및 '16년 이후 100만톤급 해양 CCS 실증 사업 추진기반 마련



# Action Plan of On-shore CCS Project (MLTM)

## CO<sub>2</sub> 해양지중저장 실증 Action Plan (저장지 선정 및 해양 환경)



## 4) MOE

부처명	R&D 역할분담 조정결과
환경부	(탐사) 타 부처 육상 지중 탐사 및 평가에 공동 참여 (환경보호 측면 DB 구축) (전환) 환경시설 배출 CO <sub>2</sub> 포집·고정화, 폐기물 이용 고정화 (저장) 육상 지중 저장시 CO <sub>2</sub> 유출 방지, 모니터링, 위해성 평가 기술 개발, 이를 위한 육상 실증(교육과학기술부 및 지식경제부와 공동 추진)
지식 경제부	(포집) 상용화 목적 핵심 원천 기술 개발, 0.5 MW 이상 실증 수행 (탐사) 육상 지중 탐사, 한국석유공사를 통해 관계 부처 탐사 자료 제공 (저장) 포집과 연계한 상용화 원천 기술 개발, 중규모(1만톤 초과) 이상 실증
교육 과학 기술부	(포집) 기초 원천 기술 개발, 0.5 MW 이하 소규모 실증 수행 (탐사) 소규모(1만톤급 이하) 실증을 위한 육상 지중 탐사 (저장) 포집과 연계한 중장기 기초 원천 기술 개발, 소규모(1만톤 이하) 실증
국토 해양부	(탐사) 해양 지중 탐사 및 평가 수행, 2010년 1~2개 구역 집중 탐사 (저장) 해양 지중 저장시 CO <sub>2</sub> 유출 방지, 모니터링, 위해성 평가 기술 개발, 이를 위한 해양 실증(지식경제부와 공동 추진)

### Major roles of MOE

- Capture and carbonation of CO<sub>2</sub> using waste materials
- Monitoring and risk assessment of off-shore storage

## 5. Conclusion

Korea is a follower of Carbon capture and storage (CCS) Research and Development.

But Korea has achieved three miracles in Economy, Democracy and Constitutionalism. Constitutionalism is based on rule of law.

MOE, MOTIE and MOF are now making its own draft bill of CCS. Into the bargain, I am not formal representative of Korean gov't. Therefore, it is a pity that I can't introduce draft bill of CCS. Well-intended competition in legislation between MOE, MOTIE and MOF can be desirable for making a good law on CCS. Once a draft of each ministry is made, it is necessary to coordinate each ministry's draft bill in order to share its role with open-minded.

Especially, K-COSEM is strongly sponsored by UN Secretary-General Ban Ki-Moon, I bet K-COSEM will show you a good output on CCS soon.

Thank you for your attention !

