

◆ 연구실 지도교수 소개



지도교수 이영수

학력 및 경력

- 한양대학교 지구환경시스템공학 학사 ('96 - '03)
- 한양대학교 지구환경시스템공학 석사 ('03 - '05)
- 한양대학교 지구환경시스템공학 박사 ('05 - '09)
- 한양대학교 지구환경시스템공학 연구조교수 ('09 - '11)
- 한국가스공사 연구개발원 선임연구원 ('11 - '13)
- 전북대학교 자원에너지공학과 교수 ('13 - 현재)

국내·외 연구 현황

- SCI급 저널 : 23편 / 국제 학술대회 발표 : 5편
- 예측 데이터 기반의 해양 플랜트 이상 징후 감지 장치 및 방법 등 특허 4개
- 국제 공동 연구 4회 이상
- University of Calgary (Geomatics, Mechanical and Manufacturing)
- 캐나다, MKS Investments Ltd / KOGAS Canada Energy Ltd
- 미국, New Mexico Institute of Mining and Technology

외부 이사

- 한국자원공학회 편집 이사
- 한국가스학회 자원이사
- 한국석유공학회 학술이사
- 한국석유공사 자문위원
- Geosystem Engineering Journal Editor

Reservoir Engineering (CCS 포함) : Experiment / Modeling & Simulation

실험 및 시뮬레이션 기반의 지층 내 유체 유동 분석
유가스 생산 및 CO₂ 저장 최적화 연구

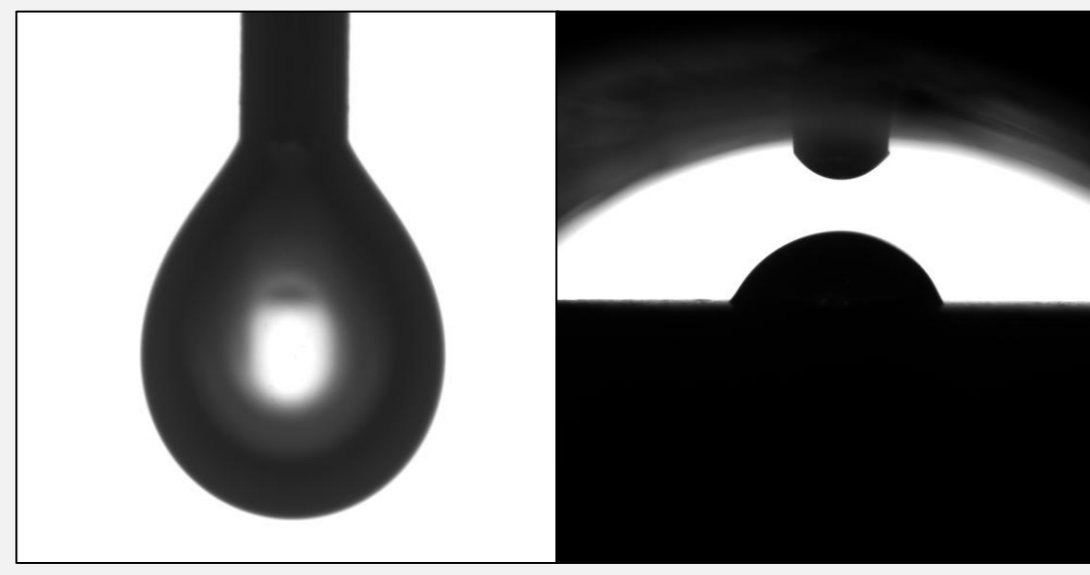
✓ CO₂ 지중저장 평가를 위한 유동양상 연구

표면에너지 측정을 통한 암석-CO₂-지층수 간 표면 및 계면 특성 연구

- 모세관압은 다공성 매질 내 다상 유동 특성을 결정하는 주요 인자, 지층 내 CO₂의 주입성, 저장성에 영향
- 계면장력, 접촉각, 공극 간 연결 통로(pore throat) 크기는 모세관압에 직접적으로 관여



Drop Shape Analysis 장비



계면장력(좌) 및 접촉각(우) 측정 결과

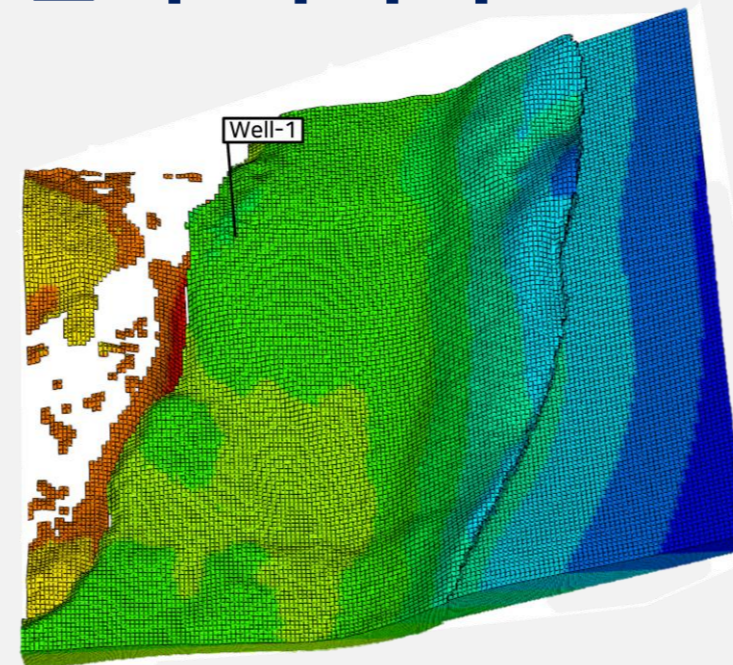
나노유체를 활용한 CO₂ 주입성 및 지층 내 CO₂ 저장효율 증대

- 암석에 나노유체(SiO₂, Al₂O₃ 등) 선주입 시, 지층 내 유체-CO₂ 간의 계면장력과 암석 표면의 습윤도 변화 발생
- 나노유체 선주입에 의한 암석 내 CO₂ 주입성 및 저장 효율성 개선 연구 수행

✓ 음향 임피던스 기반 2D/3D Seismic 모델링을 통한 CO₂ 주입 전략 최적화

2D Seismic data 변환 기반 정적 모델 구축 (Smeaheia CCS, Norway)

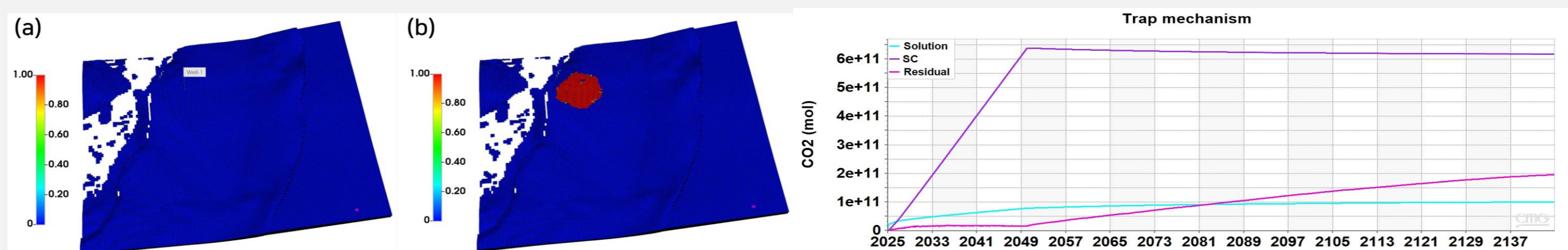
- 제한된 3D 탄성파 자료 범위로 인해, 2D 자료와 병합하여 정적 모델 구축
- 음향 임피던스(AI) 기반 2D 탄성파 자료의 낮은 수평 해상도 보간 수행
- 3D 정적 모델 구축하여 Dynamic CCS Simulation 연구 수행 중



시뮬레이터 내 3D 동적(Dynamic) Model

이산화탄소 지중저장(CCS) 시뮬레이션 연구 영역

- 다양한 주입 조건과 CO₂ 특성 반영한 CCS 시나리오 설계, CO₂ 주입에 따른 지층 내 유체 포화도, 압력 변화, CO₂ 저장상 변화 등의 동적 물성 변화 분석
- 동적 변화 분석을 통한 최적 CO₂ 주입량 평가 및 다중 주입점 설계 등 세부 분야 연구 가능



주입 전후에 따른 CO₂ Plume과 CO₂ 저장상 변화

Production Engineering Flow Assurance (Pipeline)

파이프라인 내 누출 진단 및 침전물 예측 연구
파이프라인 내 유체 유동 분석 및 최적화/설계

✓ 세일 저류층 CO₂ 흡착량 예측 모델 개발

세일 저류층 EGR-CCS

- 낮은 공극률 및 투과도로 CO₂ 주입 시 누출 위험 낮음
- CO₂ 주입 시 CH₄ 탈착(생산), CO₂ 흡착(저장)과 같은 치환

세일 CO₂ 흡착 특성 규명

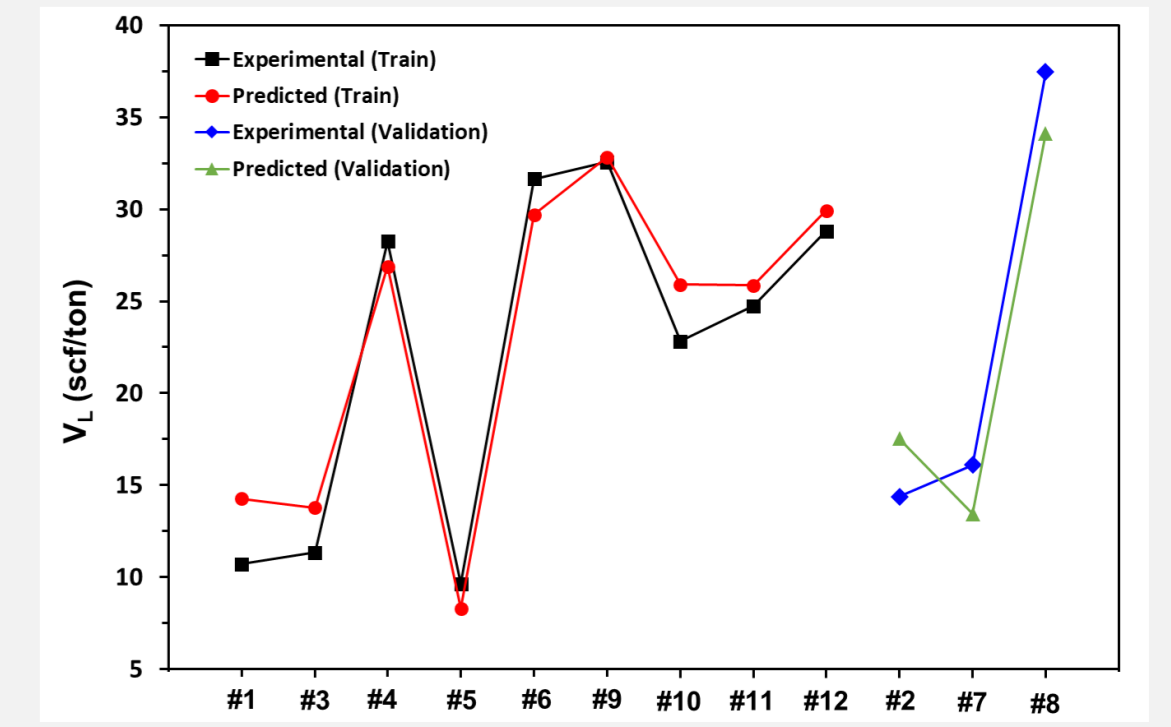
- 저류층 조건(P, T)에서 세일 CO₂ 흡착 실험 수행
- 세일의 지화학적 특성과 CO₂ 흡착량 간의 상관관계 분석

MATLAB 기반 흡착량 예측 모델링

- 비선형 회귀 모델 형태의 경험식 구성 및 MATLAB Optimization toolbox를 활용한 파라미터 추정
- 예측 모델을 통해 세일 EGR-CCS 프로젝트 설계 및 저장 용량 산정을 위한 기초 자료로 활용 가능



고압 흡·탈착 장비

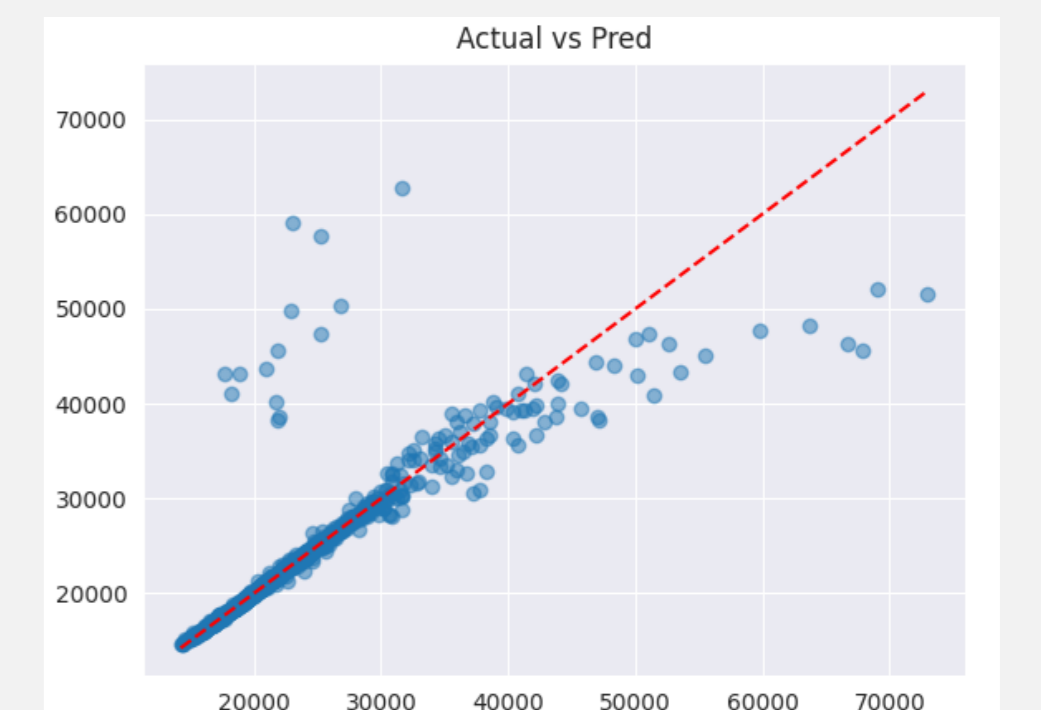


흡착량 예측 모델 성능 비교

✓ 딥러닝 기반 최적 CO₂ 주입공법 및 패턴 도출 연구

대수층 내 이산화탄소 지중저장

- 낮은 지역 편재성을 가지며, 방대한 저장용량 보유 (~10,000Gt)
- 다양한 지질학적 물성들이 넓은 범위에서 존재
- 안정적인 압력 분포를 보이며, CO₂ 상거동 해석 용이
- 국내 유망 저장 구조 및 대규모 CCS 사업은 대부분 대수층



AI 예측 모델 예측 산점도

최적 주입공법 및 주입패턴 도출 모델의 필요성

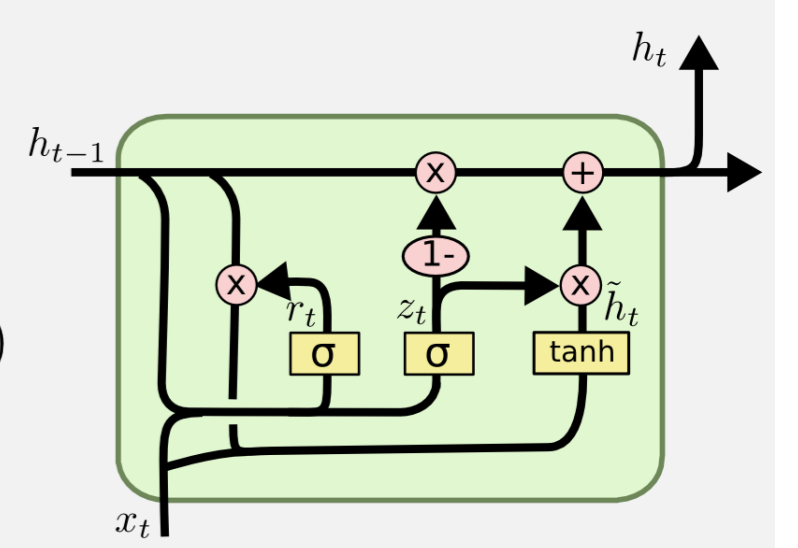
- 방대한 데이터의 특징을 학습하여 특정 대수층에 대한 최적 CO₂ 주입공법, 최적 주입패턴을 제시
- 본 모델을 통해 최적값 도출을 위한 시간/연산 자원 절약과 동시에 CCS 저장량 증진 방향 제시 가능

$$z_t = \sigma(W_z \cdot [h_{t-1}, x_t])$$

$$r_t = \sigma(W_r \cdot [h_{t-1}, x_t])$$

$$\tilde{h}_t = \tanh(W \cdot [r_t * h_{t-1}, x_t])$$

$$h_t = (1 - z_t) * h_{t-1} + z_t * \tilde{h}_t$$



모델 내 주요 AI 알고리즘 (LSTM)

◆ 졸업 후 진로

✓ 공기업 및 정부출연연구원



✓ 국내외 산업체



◆ 관련 학부 강의

- 지하지층 내 유체 유동 (2학년 1학기)**
지층 유체 유동과 관련된 다양한 물리적 특성을 주로 설명하며, 본 전공을 위한 전반적인 기초 지식을 다루는 강의
- 저류층평가공학 (3학년 1학기)**
유가스의 물리적 특성 및 상거동을 학습하고, 물질평형법(MBE)을 바탕으로 한 매장량 평가 방법에 대해 다루는 강의
- 시추공학 (3학년 2학기)**
유체 생산 및 주입을 위해 저류층까지 드릴링(시추)하는 과정을 다루는 강의
- 이산화탄소 포집·저장공학 (4학년 1학기)**
유체 생산과 반대로, CO₂를 주입/저장하는 기술을 다루는 강의
CO₂를 저장할 수 있는 조건과 저장되는 방식(메커니즘), 유동 특성에 대해 설명

* 학부연구생/대학원생 대상으로 심화 강의 및 소프트웨어 교육 별도 진행