

국내 CO₂ 지중저장과 지구물리탐사의 역할

황세호¹⁾, 박권규¹⁾

¹⁾한국지질자원연구원 지구환경연구본부, hwangse@kigam.re.kr

Geophysics for Carbon Capture and Storage in Korea

Seho Hwang¹⁾, Kwon Gyu Park¹⁾

¹⁾Geologic Environment Division, KIGAM

요약: 최근 온실가스감축의 방법으로 이산화탄소 지중저장이 많은 관심을 받고 있다. CO₂ 지중저장을 위한 부지 선정 및 특성화, CO₂ 주입에 따른 모니터링 단계 등 지중저장 전 과정에서 지구물리탐사법이 중요한 역할을 담당할 것으로 예상된다. 특히 주입된 CO₂의 거동과 누출에 대한 모니터링과 검증기술은 온실가스감축의 인정과 신뢰성 향상에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

주요어: CO₂ 지중저장, 지구물리탐사, 모니터링

Abstract: Recently, CO₂ geologic storage (geologic sequestration) has been concerned as one of methodologies for reducing greenhouse gas. We expect that geophysical approach plays an important role in the site selection, characterization, and monitoring during CO₂ injection or post-injection. Especially we believe that monitoring and verification technologies such as surface and borehole geophysical methods are an important part of making CO₂ geologic storage an acceptable method.

Keywords: CO₂ geologic storage, geophysics, monitoring

1. 서론

2007년에 IPCC (Intergovernmental Panel in Climate Change)는 온실가스 감축노력이 없으면 CO₂ 배출량은 2005년 연간 270억 톤에서 2050년 연간 620억 톤으로 증가할 것으로 예측했다. CO₂ 감축방법은 에너지 효율제고, 신재생에너지 활용 및 이산화탄소 포집 및 저장(CCS: Carbon Capture and Storage)기술로 분류하며 향후 CCS가 CO₂ 감축에 중요한 역할을 할 것으로 예상하고 있다. CCS는 교토의정서에는 온실가스 감축수단으로 인정받고 있지 못하지만 2013년부터 시작되는 제2차 의무감축에는 공식적으로 포함될 것으로 전망되고 있다. 최근 CO₂ 지중저장은 기술개발 목적의 Pilot 규모 CO₂ 지중저장과 상용규모의 CO₂지중저장이 수행되고 있다. 미국 Frio, 일본의 Nagaoka, 독일의 Ketzin에서는 Pilot 규모의 CO₂ 지중저장 프로젝트가 완료 및 수행되고 있으며 호주 CO₂CRC의 Otway와 캐나다, 미국의 Weyburn에서는 CCS 기반의 프로젝트를 수행하고 있다.

국내에서는 국토해양부, 지식경제부, 교육과학기술부, 환경부 등의 정부부처를 중심으로 CCS에 대한 연구개발을 지원하고 있으며 Fig .1과 같이 CO₂ 지중저장 연구는 Pilot 규모

CO2지중저장 시험과 상용규모의 CO2 지중저장 후보지 선정을 중심으로 연구가 진행되고 있다. CO2 지중저장에서 지구물리탐사는 매우 중요한 부분을 차지하고 있는데 이는 저장된 CO2 거동에 대한 모니터링이 가능한 주요 기술을 확보 또는 개발이 가능한 분야이고 저장된 CO2의 안정성이나 신뢰성을 검증할 수 있는 기술을 확보해야 CO2지중저장으로 인한 CO2 저감을 인정받을 수 있기 때문이다.

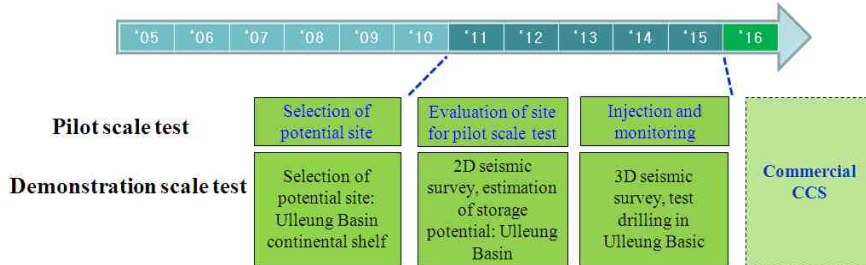


Fig. 1. Proposed plan for CO2 storage R&D.

2. 국내 CO2 지중저장 연구 현황

현재 국내에서 CO2지중저장 관련 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업과 국토해양부, 지식경제부, 환경부 등의 정부지원 연구개발이 수행되고 있으며 본 논문에서는 지구물리탐사 분야와 관련된 내용을 중심으로 소개하고자 한다. 기초연구로는 Pilot box와 천부지층 내에 CO2 대체유체주입에 대한 거동관측(왕수균, 2009), 고온·고압 cell 내에 CO2 주입에 따른 탄성과 특성 고찰(Park et al., 2009), 가상음원을 이용한 모니터링(변중무, 2009)과 Pilot 후보지 선정과 관련된 연구(Hwang et al., 2009; 이태종 외, 2009), 그리고 대규모 지중저장을 위한 대륙붕 내의 지중저장 부지선정(유동근, 2007, 2009) 등이 수행되었다.

Fig. 2는 고온·고압 cell 내의 사암에 CO2를 주입하면서 측정된 탄성과 파형으로 CO2 주입에 따른 V_p 감소(본 실험의 경우, 약 3%)와 진폭이 감소하는 것을 알 수 있다.

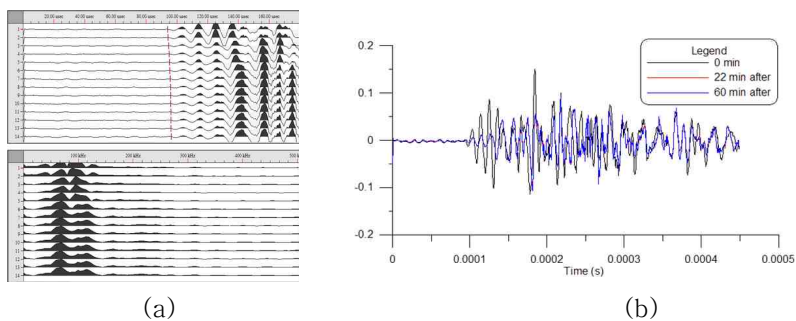


Fig. 2. Measured P-wave waveforms and their spectrum(a), amplitude change(b) for verrea sandstone during CO2 injection (Park et al., 2009).

Fig. 3-5는 Pilot 규모의 CO2 지중저장 후보지 선정을 위한 물리탐사 결과로 Fig. 3은 경상분지 및 포항분지 내에서 기존의 관정에서 확인된 심부 지질과 지질도를 함께 나타낸 것으로 이들 자료에서 물리탐사 후보지를 선정하였다. Fig. 4는 후보지 중의 하나인

경북 의성에서 수행된 MT탐사 결과를 나타낸 것으로 MT 탐사 결과, 탐사지역 내의 동쪽 지역을 탄성파탐사 대상지역으로 선정하였다. Fig. 5는 약 200 채널의 탄성파탐사 시스템을 이용하여 취득된 자료 중에서 굴절과 자료만을 이용하여 도출된 탄성파 속도 영상이다. 기반암에 해당하는 퇴적층의 탄성과 속도가 매우 높아 결정질 암반으로 해석되었다. 국내 대륙붕 퇴적분지 내의 CO2 저장 후보지선정 및 주입 가능량 평가는 기존의 석유·가스자원 탐사 목적으로 수행된 탐사 및 시추자료를 중심으로 연구가 진행되고 있으며 현재 가스 생산이 진행되고 있는 울릉분지에 대한 잠재 저장량은 매우 양호한 것으로 보고되고 있다(유동근, 2007, 2009).

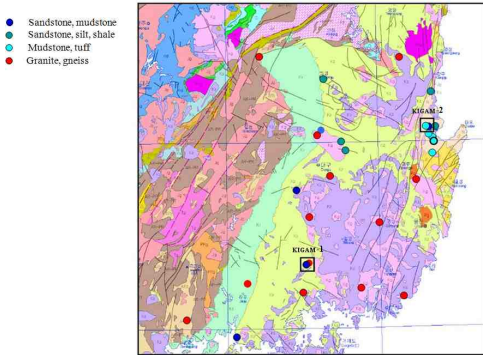


Fig. 3. Geology identified from hot borehole logs in Gyeongsang Basin.

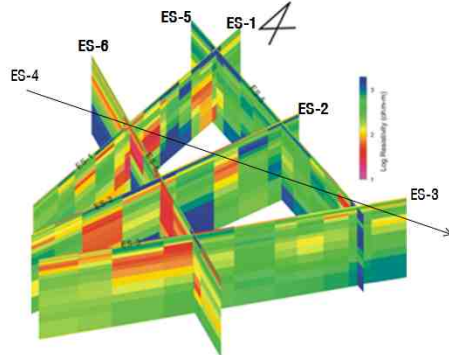


Fig. 4. Semi-3D view of MT data inversion results in Uiseon area.

3. CO2 지층저장 전 과정에서 물리탐사의 역할

CO2 지층저장은 기존의 석유탐사 및 개발과정의 전 분야는 물론 지구 물리탐사의 다양한 분야의 참여가 요구되고 있다. CO2 지층저장은 주입전의 부지 선정 및 특성화 단계, 주입단계, 주입중단의 폐쇄단계, 그리고 폐쇄후의 모니터링 단계로 구분할 수 있다. Fig. 6-7은 CO2 지층저장의 전 과정을 간략하게 정리한 것으로 지구물리탐사는 CO2 지층저장의 각 단계에서 의사결정에 중요한 역할을 수행한다. CO2 지층저장의 초기 단계는 적합한 부지 선정으로 지질구조 파악을 위한 탄성파탐사, 전자탐사 및 중력탐사 등과 부지정밀 평가를 위한 시험 시추공에서의 시추공 물리탐사 등과 CO2 주입에 따른 지표 변형을 평가를 위한 원격탐사 등이 활용된다. 특히 CO2 주입 부지는 CO2 주입의 대상이 되는 저류층의 특성화는 물론 상부 누출의 위험성이 없는 지질구조를 선택해야 하기 때문에 지표부터 대상 지층까지의 지질특성을 파악해야 한다. 또한 주입전의 탐사자료는 향후 CO2주입에 따른 모니터링의 참조 자료로 활용되기 때문에 부지 특성화 단계에서 취득되는 탐사자료는 매우 중요하다. CO2 주입단계에서 주입된 CO2 거동의 정확한 평가가

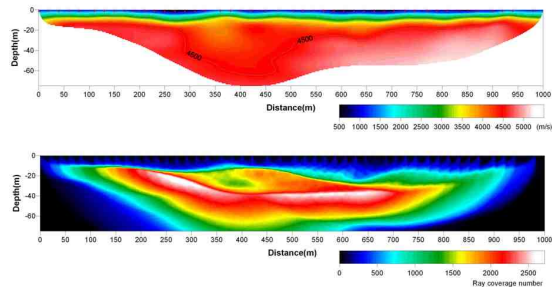


Fig. 5. Image of P-wave velocity and ray coverage from seismic refraction data.

CO2 감축부분으로의 인정에 중요한 기술이기 때문에 다양한 지표/시추공 물리탐사법이 적용되고 있다. 주입이 완료된 시점에서는 주입기간에 수행된 모니터링 방법 중에서 필요한 분야만 장기모니터링에 적용되며 주로 CO2 누출탐지와 관련된 모니터링이 적용된다.

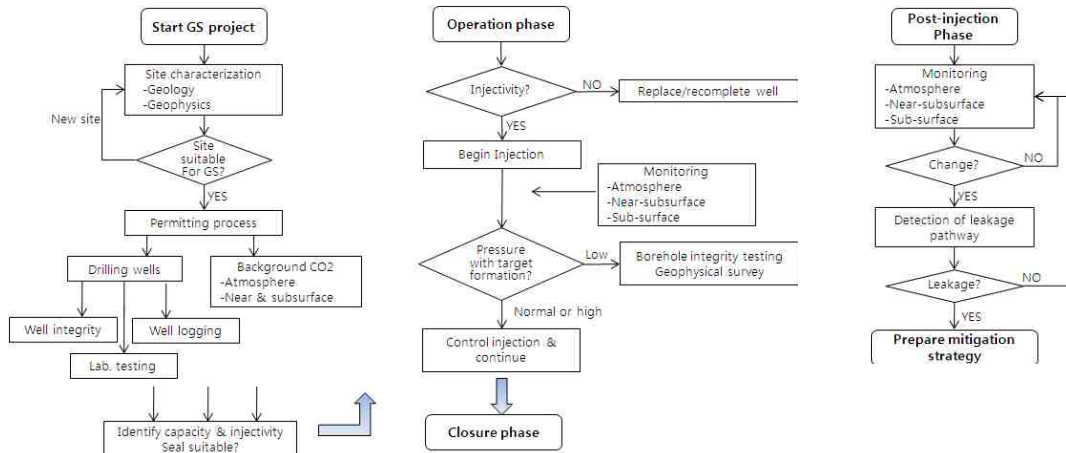


Fig. 6. Decision tree for CO2 geological storage.

4. 결론

국내에서 CO2 지중저장의 중요성이 점진적으로 강조됨에 따라서 CCS사업화가 가속화 될 것으로 예상되고 있다. 지구물리탐사법은 CO2 지중저장의 전 과정에서 주요한 핵심 기술로 CO2 지중저장이 온실가스감축 방법으로 인정을 받기 위한 모니터링과 검증에 매우 중요한 역할을 담당할 것으로 기대되고 있다. 향후 지구물리탐사 전문가의 적극적인 참여가 국내 CCS 사업화에 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

참고문헌

이태중, 한누리, 고광범, 황세호, 박권규, 박용찬, 2009, 이산화탄소 지중저장 pilot 부지 선정을 위한 의성지역 MT탐사, 물리탐사 심사증

왕수균, 2009, 이산화탄소 지중저장을 위한 거동 관측 기술개발, 제3회 기후변화대응 연구개발사업 범부처 합동워크샵

유동근, 2007, CO2 해양지중저장 부지선정 사전조사 및 퇴적층 내 CO2 주입기술, 제1회 기후변화대응 연구개발사업 범부처 합동워크샵

유동근, 2009, 국내 CO2 국내 해양지중저장 부지선정, 제3회 기후변화대응 연구개발사업 범부처 합동워크샵

변중무, 2009. 가상음원을 이용한 시추공 모니터링 기술개발, 제3회 기후변화대응 연구 개발사업 범부처 합동워크샵

Hwang, S., Park, K.G., Lee, T.J., and Park Y.C., 2009, Geophysical survey for site evaluation of pilot scale CO2 storage test in South Korea, 2009 EGU Meeting, Austria.

Park, K.G., Choi, H., Park, Y.C., and Hwang, S., 2009, Ultrasonic Monitoring of Seismic Changes due to CO2 Injection, 2009 EGU Meeting, Austria.