

岩野原における二酸化炭素圧入実証試験に係わるシミュレーションスタディ

Simulation Study of Iwanohara Pilot Carbon Dioxide Injection

大熊 宏 [1]; 河田 裕子 [1]; 佐藤 光三 [2]; 棚瀬 大爾 [3]; 吉村 司 [4]

Hiroshi Ohkuma[1]; Yuko Kawata[1]; Kozo Sato[2]; Daiji Tanase[3]; Tsukasa Yoshimura[4]

[1] JOE; [2] 東大・工・地球システム工学; [3] 電源開発; [4] エン振協

[1] JOE; [2] Geosystem Engineering, The Univ. Tokyo; [3] J-power; [4] SEC, ENAA

(財)地球環境産業技術研究機構と(財)エンジニアリング振興協会は2000年から2008年にかけて二酸化炭素地中貯留に係わる包括的な研究を行ったが、新潟県長岡市の岩野原における深部塩水層への二酸化炭素圧入実証試験はこの包括的研究の重要な研究項目の一つであった。貯留層シミュレーションはこの実証試験を通して行われ、その結果が種々の目的に活用された。

二酸化炭素圧入前のシミュレーションでは、観測井位置の最適化を含む実証試験計画の妥当性調査を主たる目的とした。その一例を挙げると、圧入井が掘削され、揚水試験が実施されたが、その結果はそれまで坑井データから推定していたより圧入層の浸透率がかなり低く、また、坑井障害が相当程度あることを示した。これらを反映したシミュレーションスタディ結果は、酸処理を行って坑井障害を除去することが必須で、圧入レートもそれまでの計画レート40 tons CO₂/dayを半減することが望ましいことを示した。この結果に基づき、二酸化炭素連続圧入は20 tons CO₂/dayの圧入レートで2003年7月から開始した。実際の圧入時の圧入井IW-1(CO2-1坑)における坑底圧はシミュレーションで予想したよりかなり低いレベルで推移した。2004年3月にレートを40 tons CO₂/dayとして試験的な圧入を行った結果、この高レートで長期の圧入が可能であると判断し、同年4月からの連続圧入は40 tons CO₂/dayのレートで行った。

連続圧入開始後および圧入終了後には、種々のモニタリングにより多くの観測データが得られ、観測データとのヒストリーマッチングと圧入および貯留挙動の解釈がシミュレーションスタディの目的となった。これらの観測データのうち、圧入井IW-1と観測井OB-4(CO2-4坑)の坑底圧、観測井OB-2(CO2-2坑)とOB-4で確認された圧入二酸化炭素の到達時期およびその後のガス飽和率の経時変化、観測井OB-3(CO2-3坑)には二酸化炭素が到達しなかったこと、坑井間弾性波トモグラフィーから解釈されたOB-2~OB-3間の断面におけるガス相(超臨界)二酸化炭素の分布などをヒストリーマッチングの対象とした。ヒストリーマッチングでは、測定データが無いあるいはあっても信頼性に乏しいと考えられた相対浸透率、そのエンドポイント、特に不動水飽和率と臨界ガス飽和率、浸透率の不均質性、垂直方向浸透率、孔隙圧縮率などを変動させた。

ヒストリーマッチングでは許容範囲内と考えられる差で観測データとの一致を得ることができた。この最終貯留層モデルを用い、1000年間にわたる圧入二酸化炭素の移行/貯留挙動の長期予測を行った。予測計算結果は、残留ガス飽和率を超えるガス相(すなわち超臨界)二酸化炭素がアップディップ方向へ流動し、圧入終了時のガス相二酸化炭素の広がりから短距離にある範囲内の地層水に溶解して固定されることを示した。したがって、圧入二酸化炭素は岩野原実証試験基地とその近傍に長期に貯留され、安全に隔離されると予想された。

二酸化炭素地中貯留の包括的研究の一環として、二酸化炭素地中貯留長期挙動予測用シミュレータGEM-GHGを開発した。同シミュレータは信頼性の高い成分型油ガス層シミュレータGEMに、二酸化炭素地中貯留に特有な現象、すなわち岩石鉱物の溶解/析出、キャップロック中の亀裂の発生や断層の活性化による圧入二酸化炭素等の流出などを表現する機能を追加したものである。上記の岩野原実証試験に係わるシミュレーションはこのように開発されたシミュレータGEM-GHGを使用して実施した。