

異なる拘束条件における超臨界 CO₂ 圧入時の石炭の挙動と浸透性Behavior and Permeability of Coal at Supercritical CO₂ on Different Boundary Conditions

木山 保 [1]; 西本 壮志 [2]; 藤岡 昌司 [3]; 薛 自求 [4]; 宮澤 大輔 [1]; 石島 洋二 [1]

Tamotsu Kiyama[1]; Soshi Nishimoto[2]; Masaji Fujioka[3]; ziqiu xue[4]; Daisuke Miyazawa[1]; Yoji Ishijima[1]

[1] 幌延 RISE; [2] 電中研; [3] JCOAL; [4] 京大

[1] Horonobe RISE; [2] CRIEPI; [3] JCOAL; [4] Kyoto University

<http://www.h-rise.jp/>

二酸化炭素炭層固定の実証試験が夕張スーパーパコ鉱山で、地下 1000m の炭層を対象に実施され、CO₂ の石炭層への圧入量は揚水試験から予想された圧入量より 1 オーダー低かった。対策として CO₂ 圧入の途中に N₂ を圧入する方法が試みられ(藤岡・2007)、N₂ 圧入直後の CO₂ 圧入量は増加し、効果が確認された。原位置において、CO₂ 圧入井の近傍ではひずみ拘束条件となる領域が想定される。ひずみ拘束された領域に CO₂ が圧入された場合、膨潤しようとして応力が増加するとともに、石炭内部の炭理などの閉鎖が発生すると考えられる。本研究では、石炭の供試体の間隙をまず N₂ で飽和し、ひずみ拘束条件で CO₂ を圧入し、これに再び N₂ を圧入し、さらに応力拘束条件で CO₂ を圧入した。直径 50mm、高さ 125mm の円柱供試体に取り付けた周方向変位計で封圧を制御し、ひずみ拘束条件を実現した。それぞれのステージにおいて浸透性の評価を試みた。試料は、オーストラリア産の石炭である。初期条件は、温度 35℃、封圧 12MPa、間隙圧 10MPa 間隙流体 N₂ とした。供試体側面には、主炭理および従炭理に直交した周方向にそれぞれ 4 枚のひずみゲージを貼付した。第 1 回 CO₂ 圧入では、ひずみ拘束条件で CO₂ を 10.2MPa で、N₂ を 10.0MPa で制御して CO₂ を圧入した。第 2 回 N₂ 圧入では、ひずみ拘束条件で N₂ を 10.2MPa で、CO₂ を 10.0MPa で制御して N₂ を再圧入した。第 2 回 CO₂ 圧入では、応力拘束条件で CO₂ を 10.2MPa で、N₂ を 10.0MPa で制御して CO₂ を再圧入した。第 1 回 CO₂ 圧入において、周変位計から求めたひずみは、CO₂ 圧入に伴い、わずかな変化しかみられず、ひずみ拘束条件が成立した。ひずみゲージは局所的に大きな変形を示すものがあるが、多くは周変位計から求めたひずみと同程度であった。ひずみ拘束条件において、CO₂ 圧入に伴い、封圧は開始時の 12MPa から 18MPa まで急激な増加を示し、その後一定となった。圧入側と排出側の間隙圧の差圧は 0.2MPa なので、間隙圧の変化に対して封圧の変化は著しく大きい。第 1 回 CO₂ 圧入における CO₂ 側のポンプ容量と N₂ 側のポンプ容量の変化をみると、圧入開始直後に約 40cm³ の CO₂ が圧入され、ほぼ同量のガスが排出された。封圧の変化はこれとほぼ同時に発生した。封圧が増加した後の圧入流量は極めて低い。流量の低下により、マトリクスや炭理内部の N₂ が CO₂ にどの程度置換したかが不明であり、浸透率としての評価はここでは避けるが、CO₂ 圧入前の浸透率に比較すると、浸透性は大きく低下したと考えられる。圧入開始直後は比較的高い流量で CO₂ が圧入されるが、CO₂ の石炭への吸着に伴う膨潤が進むと、ひずみ拘束条件では炭理の閉塞を引き起こし、圧入流量は激減すると考えられる。第 2 回 N₂ 圧入は、第 1 回 CO₂ 圧入に引き続きひずみ拘束条件で実施された。ひずみ拘束条件において、N₂ 再圧入に伴い、封圧は 18MPa から 12MPa まで比較的緩やかな減少を示し、その後一定となった。第 2 回 N₂ 圧入における CO₂ 側のポンプ容量と N₂ 側のポンプ容量の変化をみると、N₂ 再圧入開始直後の流量は低いが、徐々に増加し、約 5 時間で約 1500cm³ の N₂ が圧入された。少なくとも炭理内部は N₂ に置換されたと考えられ、浸透性は初期状態いほぼ回復した。第 2 回 N₂ 圧入において、N₂ 圧入に伴う石炭の CO₂ 脱着および収縮が局所的に生じると、ひずみ拘束条件では封圧が減少し、炭理が開口し、連鎖的に圧入流量の増加を引き起こすと考えられる。炭理の浸透率が増加するために N₂ の流量は高いが、マトリクス内部に吸着した CO₂ が脱着し、排出されるのには時間を要する。第 2 回 CO₂ 圧入は、封圧が 12MPa に維持された応力拘束条件で実施された。周変位計から求めたひずみは、約 3 時間で約 7000 μストrein 増加し、ひずみゲージも膨張傾向を示した。第 2 回 CO₂ 圧入における CO₂ 側のポンプ容量と N₂ 側のポンプ容量の変化は、ほぼ一定な流量を示し、約 3 時間で約 400cm³ の CO₂ が圧入された。浸透性の低下はひずみ拘束に比較すると小さい。石炭は CO₂ を吸着し膨潤するが、応力拘束条件では変形が許されるので、主たる流路である炭理を閉口させることはないと考えられる。ひずみ拘束および応力拘束条件における石炭の超臨界 CO₂ および N₂ 圧入試験を実施した。ひずみ拘束では CO₂ の圧入に伴い封圧が 6MPa 増加し、N₂ の再圧入により封圧が初期状態に回復した。また、応力拘束では CO₂ の圧入に伴い約 0.7% 膨張ひずみを示した。ひずみ拘束における CO₂ 圧入では著しい浸透性の低下が確認された。