

石炭試料に対する超臨界 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 注入による浸透性および膨潤特性Characteristics of permeability and matrix swelling by injecting N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> into dry coal sample

# 西本 壮志 [1]; 木山 保 [2]; 石島 洋二 [2]; 薛 自求 [3]; 山本 茂夫 [4]; 藤岡 昌司 [5]

# Soshi Nishimoto[1]; Tamotsu Kiyama[2]; Yoji Ishijima[2]; ziqiu xue[3]; Shigeo Yamamoto[4]; Masaji Fujioka[5]

[1] 電中研; [2] 幌延 RISE; [3] 京大; [4] KANSOテクノス・CO<sub>2</sub>炭層固定; [5] JCOAL

[1] CRIEPI; [2] Horonobe RISE; [3] Kyoto University; [4] KANSO technos; [5] JCOAL

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

二酸化炭素炭層固定の実証予備試験がスーパー口鉱山(石狩炭田南部・夕張地域)において、地下1000mの炭層を対象に実施されている。その結果、CO<sub>2</sub>を石炭層へ注入すると、時間経過とともに圧入量が徐々に減少していくことがわかった。この対策としてN<sub>2</sub>を圧入した後、再びCO<sub>2</sub>の圧入を開始するとCO<sub>2</sub>圧入量が一時的に回復するが、その後はやや減少する現象が観察された。これはCO<sub>2</sub>が石炭の炭理やクラックに入ると膨潤しいわば「目詰まり」を起こすこと、N<sub>2</sub>注入はCO<sub>2</sub>を脱着(離脱)させる効果があること、などが推測されている。このN<sub>2</sub>の効果の詳細が明らかになれば、CO<sub>2</sub>の圧入過程の中にN<sub>2</sub>の圧入を取り入れ、石炭へのCO<sub>2</sub>圧入を効果的に行うことが可能になる。本研究では、この機構を明らかにするために石炭供試体を用いた室内試験を行った。すなわち、三軸状態に置いた石炭供試体に超臨界状態のCO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>を2回繰り返して注入し、ひずみや弾性波速度ならびに浸透率を測定した。浸透率はトランジェントパルス法およびsteady-state法により求めた。実験方法、実験結果ならびに実験結果の解釈について述べる。本研究で使用した石炭試料は北海道三美炭鉱で採取され、直径50mm、高さ125mmの円柱状供試体を作成し試験を行った。供試体にはひずみゲージ及び圧電素子を貼付し、横ひずみ及びP波速度(V<sub>p</sub>)を測定した。ひずみゲージは、主炭理および従炭理に直交する側面に、注入側の端面から15mm、50mm、75mm、110mmの位置に貼付した。圧電素子は主炭理に直交するパスのV<sub>p</sub>を測定するように、25mmおよび100mmの位置に貼付した。CO<sub>2</sub>およびN<sub>2</sub>注入試験条件を封圧12MPa、間隙圧10MPaとした。試験全体を通して温度は40℃に制御している。始めに封圧2MPa条件下で真空脱気し、間隙に0.1MPaでN<sub>2</sub>を注入した。その後、有効封圧が2MPaを超えないように、段階的に封圧と間隙圧を試験条件まで上昇させた。試験条件到達後、超臨界CO<sub>2</sub>注入試験を実施した。CO<sub>2</sub>の貫通が確認された後に浸透率試験を実施した。超臨界CO<sub>2</sub>の吸着に伴う挙動を数10時間観察した後に、N<sub>2</sub>の再注入を実施した。N<sub>2</sub>の貫通確認後、浸透率試験の実施およびひずみの挙動変化を観察した。さらに再度、超臨界CO<sub>2</sub>の注入を実施した。同様に貫通確認後、浸透率試験の実施およびひずみの挙動変化を観察した。その結果、間隙圧3MPaと4MPaの間でN<sub>2</sub>は気相から超臨界相に変化しているが、相の変化によるひずみの変化は認められなかった。一方で、間隙圧7MPaまでひずみは膨張し続け(+0.1%)、その後は若干収縮しほぼ一定の値を示した。この時のV<sub>p</sub>はひずみの変化と調和的で同圧まで速度上昇し(+6.5%)その後はほぼ一定の値を示した。N<sub>2</sub>の浸透率は $9 \times 10^{-4}$ から $5 \times 10^{-4}$  darcyで、圧力増加にともない若干の減少傾向を示した。N<sub>2</sub>で飽和した石炭間隙に、0.2MPaの差圧で超臨界CO<sub>2</sub>を注入すると、約+0.7%の急激な膨張ひずみが測定された。V<sub>p</sub>はこれに伴い上昇した(+2.2%)。浸透率はN<sub>2</sub>の浸透率のおよそ1/3まで低下した。その後、N<sub>2</sub>を再注入すると、約-0.5%の収縮ひずみを示した。この時のひずみの変化は超臨界CO<sub>2</sub>注入時に比べると比較的長時間かかっている。また、V<sub>p</sub>は一旦大きく低下したが(-2.1%)、その後は時間と共に上昇傾向を示した(+1.3%)。この時のN<sub>2</sub>の浸透率は、超臨界CO<sub>2</sub>の浸透率とほぼ同じであった。最後に超臨界CO<sub>2</sub>を再注入すると、約+0.5%の膨張ひずみを示した。CO<sub>2</sub>注入時におけるV<sub>p</sub>は+0.5%程度の上昇だったが、最終的には初めのCO<sub>2</sub>注入時の速度とほぼ同じ値を示した。また、浸透率にも有意な変化は見られなかった。これはCO<sub>2</sub>注入によりクリート、マトリックス中の微小孔隙に吸着・膨潤したと考えられ、マトリックスの膨潤によりクリートが閉鎖し、浸透率が低下したと考えられる。その後のN<sub>2</sub>注入により浸透率は回復しなかったということは、クリートはある程度は閉鎖のままであった可能性が推測される。間隙流体はマトリックスよりもクリートの方が通り易いと予想されるため、N<sub>2</sub>再注入における収縮はクリート内のCO<sub>2</sub>とある程度置換した分のみを反映し、マトリックスの微小孔隙ではN<sub>2</sub>が置き換わっていない可能性があるため、浸透率・弾性波速度共に大きな変化が観察されなかったと推測される。